Digitized by Google

OFALCONE

BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio
Palchetto
Num.° d' ordine 1 R 21336

NALE
rov.
VITT. EM. III
147
OLI

Digitized by Google

Digitized by Google

C10992

OEUVRES
DE
M. MARIOTTE,
DE L'ACADÉMIE ROYALE
DES SCIENCES;

COMPRENANT

Tous les Traitez de cet Auteur, tant ceux qui avoient déja paru ſéparément, que ceux qui n'avoient pas encore été publiés;

Imprimées ſur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;

Revûes & corrigées de nouveau.

NOUVELLE ÉDITION.

TOME SECOND.

BIBLIOTECA PROVINCIALE DI NAPOLI
BIBLIOTECA PROVINCIALE DI NAPOLI
GABINETTO TOPOGRAFICO
NAPOLI

A LA HAYE,
Chez JEAN NEAULME,
M, D CC, XL.

Digitized by Google

Digitized by Google

TABLE

DES

TRAITEZ

qui ſont dans ce

TOME SECOND.

TRaité du Mouvement des Eaux & des autres Corps fluides; diviſé en V. Parties; imprimé ſur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau. 321

Régles pour les Jets d'Eau. 482

Nouvelle Découverte touchant la Vûë, contenue en pluſieurs Lettres. Nouvelle Edition, revûe & corrigée. 495

Traité du Nivellement, avec la Deſcription de quelques Niveaux nouvellement inventés; imprimé ſur la dernière & la

BIBLIOTECA PROVINCIALE DI NAPOLI

Digitized by Google

TABLE DES TRAITEZ.

la plus complette Edition, augmentée & corrigée de nouveau. 535

Traité du Mouvement des Pendules; imprimé pour la première fois sur le Manuscrit Original de l'Auteur écrit à Mr. Huygens. 557

Expériences touchant les Couleurs & la Congélation de l'Eau. 601

Essai de Logique, contenant les Principes des Sciences, & la manière de s'en servir pour faire de bons raisonnemens; divisé en deux Parties. 609

TRAI-

Digitized by Google

TRAITÉ
DU
MOUVEMENT
DES EAUX
ET DES AUTRES
CORPS FLUIDES,
DIVISÉ EN V. PARTIES

Par feu Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences;

Mis en lumière par les soins de Mr. DE LA HIRE,
Lecteur & Professeur du Roi pour les Mathématiques, & de l'Académie Royale des Sciences;

Imprimé sur la plus nouvelle & la meilleure Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

Digitized by Google

PRÉFACE.

CEux qui juſqu'à preſent ont écrit des Hydrauliques, nous ont donné chacun en particulier des remarques très-curieuſes ſur la peſanteur, ſur la viteſſe, & ſur pluſieurs autres propriétez des Eaux. Le Traité de l'Equilibre des Liqueurs de M. Paſcal *eſt un des plus conſidérables, tant pour les belles découvertes qu'il a faites, que pour les propriétez ſingulières qu'il démontre d'une manière ſi claire & ſi convaincante, que nous ne pouvons pas douter que ce grand Génie n'eût entierement épuiſé cette matière s'il avoit examiné toutes les parties qui la compoſent.*

Il y avoit pluſieurs années que M. Mariotte *s'appliquoit avec un ſoin extraordinaire à faire les expériences qui ſont dans le Traité de* M. Paſcal, *pour voir s'il n'auroit point négligé des circonſtances particulières qui lui puſſent donner lieu de remarquer quelque choſe de nouveau. En effet, dans ſes expériences il a fait pluſieurs obſervations que l'on ne trouve point dans le petit Livre de* M. Paſcal, *ni dans les autres qui l'ont précédé; & il ſe trouva enſuite inſenſiblement engagé dans la partie de cet Ouvrage qui a de plus grandes utilitez, comme la meſure, & ce que l'on appelle la dépenſe des Eaux ſuivant les différentes hauteurs des réſervoirs, & les différens ajutages : il paſſe enſuite aux précautions qu'on doit prendre pour conduire les Eaux, & aiant enfin traité fort au long de la réſiſtance des ſolides, il parle de la force que doivent avoir les tuyaux pour réſiſter aux differentes charges de l'Eau.*

Il eût occaſion de faire ſur ces parties pluſieurs expériences à Chantilly *en preſence de* S. A. S. Monseigneur *le* Prince, *où l'abondance de l'Eau & la hauteur des réſervoirs lui fourniſſoient tous les moïens néceſſaires. Il en fit auſſi pluſieurs à l'Obſervatoire en preſence de* Meſſrs. de l'Académie, *& les aiant miſes en ordre, il en compoſa cet Ouvrage.*

Dans les premiers jours de la maladie dont il mourut, il me pria de vouloir prendre le ſoin de l'impreſſion de ce Traité,

Digitized by Google

té, en me laiſſant la liberté d'y changer & d'y retrancher ce que je jugerois à propos: mais j'ai cru qu'il valoit mieux le donner au Public tel qu'il l'a compoſé, que d'y apporter du mien. Cependant ſi j'avois entrepris d'y changer quelque choſe, je ne l'aurois fait qu'en ſuivant les ſentimens de toute l'Académie, *dont il n'auroit pas manqué de prendre lui-méme les avis ſur les difficultez qu'il y auroit trouvées.*

La moitié de cet Ouvrage étoit aſſez au net pour être imprimée; mais le reſte m'a donné beaucoup de peine à raſſembler ſur les mémoires qui m'en ont été mis entre les mains après ſa mort.

J'ai tâché, autant qu'il m'a été poſſible, de n'y rien laiſſer d'obſcur ou d'embaraſſé dans les dernières Parties, & d'y ſuivre exactement l'ordre qu'il s'étoit propoſé: néanmoins je n'ai oſé entreprendre d'éclaircir tous les endroits difficiles, de peur de m'écarter de ſes penſées, ou de me rendre peut-être moins intelligible que lui.

*J'avois auſſi réſolu d'ajoûter, à la fin de cet Ouvrage, des remarques que j'ai faites ſur quelques endroits, qui auroient pû y ſervir d'explication, ou de confirmation, & entr'autres la démonſtration par les principes d'*Archimede *du Probléme de* Méchanique, *où la proportion ordinaire eſt renverſée, avec quelques obſervations que j'ai faites ſur l'origine des Fontaines, & ſur l'élévations des vapeurs; mais j'ai jugé qu'il étoit plus à propos de les donner ſéparément avec quelques autres Eſſais de* Phyſique, *que d'augmenter ce Volume de mes penſées particulières.*

Je n'aurois pas différé ſi long-tems à faire imprimer cet Ouvrage, ſi je n'en avois été détourné par des occupations d'une très-grande importance, que Monseigneur de Louvois *m'a fait l'honneur de me donner. Il avoit conſidéré lui-méme que la riviére d'*Eure, *depuis ſa ſource juſqu'à la rencontre qu'elle fait de la* Seine *vers le* Pont de l'Arche, *où remonte le flux de la Mer, ne parcouroit que 45 lieuës, & que des mémes ſources de cette riviére il y avoit quelques ruiſſeaux qui alloient avec une rapidité très-grande rencontrer la riviére d'*Huine; *& enſuite par la* Loire *juſqu'à la Mer à près de* 80 *lieuës de cette ſource commune; cette rapidité étant connue d'ailleurs par pluſieurs moulins qui ſont par-deſſus: il jugea donc que la riviére d'*Eure *devoit avoir une pente très-conſidérable, &*

peu de tems après la mort de Monſieur Mariotte, *il m'ordonna de niveler la hauteur de cette rivière à l'égard du* Château de Verſailles. *Quoique la diſtance entre ce Château, & l'endroit où l'on pouvoit prendre commodément la rivière, fut de plus de* 20 *licuës, mes nivellemens faits par différens chemins & reïtérés pluſieurs fois ſe ſont trouvés parfaitement d'accord entr'eux, & m'ont fait voir que cette rivière pouvoit être facilement conduite à la hauteur du* Château de Verſailles; *qu'en la prenant a* Pongoin *à* 7 *lieuës au-deſſus de* Chartres, *elle étoit* 110 *pieds plus élevée que le rez de chauſſée de la plus haute partie de ce* Château.

On doit ſans doute préferer les Eaux courantes, qui ſont conduites dans des aqueducs, à celles qui ſont élevées par des machines, puiſqu'elles ne ſont pas ſujettes à etre ſouvent interrompues par les réparations qu'il faut faire aux conduites, & d'ailleurs l'eau pouvant venir facilement en très-grande abondance: mais comme il y a pluſieurs occaſions où les machines ſont d'une très-grande utilité, & où l'on eſt même obligé de s'en ſervir pour l'élévation des Eaux; il auroit été à ſouhaiter que Monſieur Mariotte *nous eût laiſſé par écrit ſes ſentimens ſur les différentes pompes & autres machines qui ſont en uſage, ou qui ont été ſeulement propoſées pour cet effet, avec un examen & un calcul de ce qu'elles fourniſſent chacune en particulier, & quel choix l'on en doit faire ſuivant les différentes occaſions. Il m'avoit ſouvent parlé de ſon deſſein ſur ce ſujet, qui devoit faire une des parties de ce Traité; mais je n'en ai rien trouvé dans ſes mémoires qui fût en état d'être donné au Public. Il avoit changé pluſieurs fois l'ordre des parties de cet Ouvrage; mais enfin peu de jours avant ſa mort, il m'en donna la diviſion ſuivante, qui m'a beaucoup ſervi, & principalement dans les dernières Parties.*

Ce Livre étant rempli d'un très-grand nombre d'expériences, & de pluſieurs régles qui en ſont déduites, avec quelques obſervations ſur ces mêmes régles; j'ai cru qu'il étoit à propos d'y ajouter une table fort ample, afin de pouvoir trouver facilement les endroits où il eſt parlé de quelque matière dont on peut avoir beſoin dans les occaſions.

Tout ce Traité eſt diviſé en V. Parties.

La

La PREMIE'RE PARTIE *contient trois Diſcours:*

Le premier *Diſcours traite de pluſieurs propriétez des Corps fluides.*

Le ſecond, *de l'origine des Fontaines.*

Le troiſieme, *des cauſes des Vents.*

La SECONDE PARTIE *contient trois Diſcours:*

Le premier, *de l'Equilibre des Corps fluides par la peſanteur.*

Le ſecond, *de l'Equilibre des Corps fluides par le reſſort.*

Le troiſieme, *de l'Equilibre des Corps fluides par le choc.*

La TROISIE'ME PARTIE *contient quatre Diſcours:*

Le premier, *des pouces & des lignes dont on meſure les Eaux courantes & jailliſſantes.*

Le ſecond, *de la meſure des Eaux jailliſſantes, ſuivant les différentes hauteurs des réſervoirs.*

Le troiſieme, *de la meſure des Eaux jailliſſantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.*

Le quatrieme, *de la meſure des Eaux courantes.*

La QUATRIE'ME PARTIE *contient deux Diſcours:*

Le premier, *de la hauteur des Jets perpendiculaires.*

Le ſecond, *de la hauteur des Jets obliques.*

La CINQUIE'ME PARTIE *contient trois Diſcours:*

Le premier, *des tuyaux de conduite.*

Le ſecond, *de la réſiſtance des ſolides, de la force des ſolides & de la force des tuyaux de conduite.*

Le troiſième, *de la diſtribution des Eaux.*

TRAITÉ
DU
MOUVEMENT
DES EAUX
ET DES AUTRES
CORPS FLUIDES.

PREMIÈRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIÉTEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS.

PREMIER DISCOURS.

De pluſieurs propriétez des Corps Fluides

L'Air & la flamme ſont des corps fluides. L'eau, l'huile, le mercure, & les autres liqueurs, ſont des corps fluides & liquides. Tout liquide eſt fluide; mais tout fluide n'eſt pas liquide. J'appelle liquide, ce qui étant en ſuffiſante quantité coule & s'étend au-deſſous de l'air, juſques à ce que ſa ſurface ſe ſoit miſe de niveau: & parce que l'air & la flamme n'ont pas cette propriété, je ne les appelle pas liquides, mais ſeulement fluides. La dureté & fermeté eſt oppoſée à la fluïdité: ce qui eſt dur & ferme comme le fer & les pierres, ſe laiſſe traverſer difficilement par les autres corps; & quand il a été traverſé, ſes parties ſéparées ne ſe rejoignent point: les corps fluides au contraire ſe laiſſent traverſer aiſément, mais ils réuniſſent auſſi-tôt leurs parties ſéparées; & c'eſt en quoi conſiſte la fluidité. Par cette raiſon, le ſable très-menu peut être appellé fluïde, mais non liquide, parce qu'il ne coule pas ſur un plan peu incliné, & que quand on en remplit un vaiſſeau, les parties ſupérieures ne ſe mettent pas de niveau d'elles-mêmes.

L'eau

L'eau eſt encore appellée humide par quelques Philoſophes: mais c'eſt proprement ce qui eſt mouillé d'eau qu'on doit appeller humide; & en ce ſens l'air eſt humide quand il eſt beaucoup rempli de vapeurs aqueuſes. La ſéchereſſe eſt oppoſée à l'humidité; & un linge qu'on appelle humide lorſqu'il eſt mouillé, eſt appellé ſec, quand l'eau dont il étoit mouillé, eſt évaporée.

L'eau reçoit ſucceſſivement les conſiſtances différentes de dureté & de liquidité: ſon état naturel eſt d'être glacée; c'eſt-à-dire, que lorſqu'aucune cauſe externe n'agit ſur elle, elle demeure ferme & non liquide.

Elle devient coulante & liquide par une médiocre chaleur, & en même tems quelques-unes de ſes parties s'élévent en vapeurs, c'eſt-à-dire, en pluſieurs petites goutelettes ſéparées les unes des autres, & d'une telle petiteſſe qu'on ne peut les appercevoir chacunes à part. On en voit l'expérience quand on jette un charbon allumé dans de l'eau: car on voit d'abord une fumée épaiſſe s'en élever; mais quand elle s'eſt beaucoup étendue en s'élevant, & que ces petites parcelles ſe ſont ſéparées les unes des autres, on n'en peut appercevoir aucune.

Les vapeurs quoiqu'épaiſſes ſont quelquefois viſibles & quelquefois inviſibles, ſuivant que leurs petites parcelles ſont plus ou moins menues, ou plus ou moins agitées. Lorſqu'elles ſont viſibles & proches de la terre, on les appelle des brouillards; & quand elles ſont élevées en haut, on les appelle des nuées. Il s'éléve davantage de vapeurs à une grande chaleur qu'à une médiocre; mais il ne laiſſe pas de s'en élever à une très-petite chaleur, car même il en ſort de l'eau glacée. J'ai obſervé que deux livres de glace diminuoient de poids pendant un très-grand froid d'environ deux gros par jour; d'où l'on peut inférer, que l'eau commençant à être glacée, conſerve encore quelque peu de chaleur, de même que le plomb en conſerve encore beaucoup lorſqu'il commence à ſe durcir après avoir été fondu.

Il y a quelques parties étrangéres & hétérogènes dans l'eau, leſquelles ſe transforment en air par une grande chaleur. On l'expérimente lorſqu'on met un vaiſſeau plein d'eau ſur le feu; car on voit ſe former au fond du vaiſſeau, & enſuite s'élever au-deſſus de l'eau pluſieurs petites bulles d'air. On ne doit point croire qu'elles procédent de la flamme qui pourroit paſſer au travers du vaiſſeau, puiſque l'huile ne pouſſe point de ces petites bulles d'air, lorſqu'on l'a laiſſée un peu de tems ſur le feu pour faire évaporer ce qu'elle a de plus aqueux, encore même qu'on augmente le feu enſuite.

Il ſe forme auſſi de ſemblables bulles dans l'eau lorſqu'elle ſe géle: & parce que cette matière hétérogène, que j'appelle matière aërienne, occupe plus de place quand elle eſt réduite en bulles d'air, elle fait effort pour s'étendre, & ne trouvant point d'iſſuë au travers de la glace, elle la fait rompre, & même les vaiſſeaux qui la contiennent,

nent, s'ils ſont plus étroits au-deſſus que vers le milieu.

Pour expliquer d'où vient que cette matière qui eſt dans l'eau, tient plus de place quand elle ſe remet en air, on peut ſuppoſer que l'air eſt un amas d'une infinité de petits filamens entortillés & mêlés l'un dans l'autre comme de petits filamens de cotton. Or ſi l'on trempe dans un verre à demi plein d'eau un petit amas de cotton preſſé, il occupera au commencement une place ſelon ſa groſſeur, & il fera élever l'eau vers le deſſus du verre conſidérablement; mais ſi l'on ſépare peu à peu les petits filamens du cotton, en ſorte que l'eau puiſſe ſe couler par tous leurs intervalles, alors la ſurface ſupérieure de l'eau redeſcendra à peu près à la même marque où elle étoit avant qu'on y eût mis le cotton.

Par cette expérience on connoîtra, que l'air ſe peut inſinuer peu à peu dans l'eau, & y tenir beaucoup moins de place que lorſqu'il y eſt en petites bulles; & que lorſqu'après avoir été mêlé & comme abſorbé dans l'eau, il ſe remet en petites bulles par le mouvement que la chaleur lui donne ou par quelques autres cauſes, il tient beaucoup plus de place qu'auparavant.

On connoît que l'air s'inſinue dans l'eau, par l'expérience ſuivante. Faites bouillir de l'eau deux ou trois heures durant, & après qu'elle ſera refroidie, empliſſez-en une petite bouteille de verre: fermez ſon goulet avec le doigt, & le trempez dans un verre plein d'eau, faiſant en ſorte qu'il y ait de l'air gros comme une noiſette au haut de la bouteille renverſée; vous remarquerez que dans 24 heures cet air diſparoîtra. Remettez-y de même une autre bulle d'air auſſi groſſe; elle entrera encore peu à peu dans l'eau, mais il faudra plus de tems pour l'abſorber toute entière: on y en pourra faire entrer encore pluſieurs autres de même groſſeur l'une après l'autre; mais enfin quand l'eau en ſera ſuffiſamment imprégnée, il n'y en entrera plus, & une petite bulle d'air de deux lignes de diamétre ſe tiendra au-deſſus de la bouteille plus de 15 jours ſans y entrer. Cet effet ſe remarque encore plus ſenſiblement dans l'eſprit de vin: car ſi l'on en met dans la machine du vuide un verre à demi plein, il ſortira une très-grande quantité de cette matière aërienne en groſſes bulles dès qu'on aura pompé une bonne partie de l'air enfermé dans le récipient, mais dans peu de tems il n'en ſortira plus: & ſi l'on emplit une petite bouteille de cet eſprit de vin dont la matière aërienne ſera ſortie, & qu'on y laiſſe entrer de l'air gros comme le pouce pour le faire demeurer au haut de la bouteille après qu'on l'aura renverſée dans d'autre eſprit de vin, comme il a été dit ci-deſſus de l'eau bouillie, cet air s'inſinuera dans l'eſprit de vin en moins de deux heures; & ſi l'on y en remet une pareille quantité juſques à 2 ou 3 fois, il y entrera encore: mais ſi l'on met cette bouteille dans la même machine du vuide, cet air qui s'étoit comme diſſous, & mêlé inviſiblement dans l'eſprit de vin, en reſſortira en groſſes bulles, dès qu'on aura un peu pompé l'air du récipient: ce qui fait voir manifeſtement que

c'eſt

c'eſt du véritable air qui ſort de l'eau & de pluſieurs autres liqueurs quand on les fait geler, ou bouillir, ou qu'on diminue par le moïen de la machine du vuide, le reſſort de l'air qui les preſſe ; ce que j'ai expliqué plus au long dans le Traité de la *Nature de l'Air*.

J'ai connu ce qui arrive à l'eau quand elle ſe géle, par les expériences ſuivantes:

J'ai mis pendant un très-grand froid dans un vaiſſeau cylindrique de ſept ou huit pouces de hauteur & de ſix pouces de largeur, de l'eau qui étoit déja aſſez froide, juſques à deux pouces près du bord, & je conſidérai attentivement tout le progrès de la gelée. Il ſe fit d'abord une petite congélation dans la ſurface ſupérieure de l'eau, de petites lames longuettes & crénelées aiant entre elles des intervalles non gelés, leſquels ſe gelérent auſſi peu à peu, à la réſerve d'un petit endroit vers le milieu qui n'étoit point encore gelé, quoique le reſte de la ſurface le fût déja de plus de deux lignes d'épaiſſeur. Je remarquai que dans le fond & contre les côtez du vaiſſeau il ſe faiſoit de petites bulles d'air dans la glace qui commençoit à s'y former ; quelques-unes s'elevoient en haut, & les autres demeuroient engagées dans la glace : ce qui me fit juger que ces petites bulles venant à occuper plus de place dans l'eau que quand leur matière y étoit comme diſſoute, elle pouſſoit un peu d'eau par le trou qui étoit au-deſſus, de la même manière qu'un tonneau étant plein de vin nouveau il en ſort un peu par le trou du bondon quand le vin commence à s'échauffer ; & le peu d'eau qui ſortoit par ce petit trou ſe repandant ſur ce qui en étoit proche & qui étoit déja gelé, ſe geloit auſſi, & commençoit à y former une élévation de glace : & ce trou demeurant toûjours ouvert par l'eau qui y paſſoit ſucceſſivement, étant pouſſée par les nouvelles bulles d'air qui ſe faiſoient dans la glace, laquelle continuoit à s'augmenter peu à peu vers les côtez du vaiſſeau & vers le fond ; j'obſervai que la ſurface ſupérieure de l'eau étoit déja gelée de plus d'un pouce d'épaiſſeur vers les bords du vaiſſeau, & de plus d'un pouce & demi à l'entour & proche le petit trou, avant que l'eau qui y étoit comme dans un petit canal, fût gelée : mais enfin elle ſe gela, & alors le milieu de l'eau n'étant point encore gelé, & l'eau pouſſée par les nouvelles bulles qui continuoient à ſe former pendant deux ou trois heures, ne trouvant plus d'iſſuë par le petit trou, la glace ſe rompoit tout à coup vers le haut par l'effort de cet air enfermé. Je fis une ſeconde expérience, en laquelle, après que la glace eût environ deux pouces d'épaiſſeur, je fis chauffer les bords du vaiſſeau pour faire fondre l'extérieur de la glace, & je la tirai par ce moïen toute entière hors du vaiſſeau, ſans que l'eau qui étoit encore au milieu de la glace ſe renverſat. Je mis cette glace à l'air pour achever de faire geler le reſte de l'eau, & trois ou quatre heures après elle ſe rompit, & je trouvai que dans le milieu il y avoit un vuide de la groſſeur d'un pouce & demi de diamétre, d'où étoit ſorti le

reſte de l'eau qui n'étoit pas encore gelé & qui rempliſſoit cet eſpace. Je fis une troiſième expérience, dans laquelle, après avoir tiré de la même manière la glace hors du vaiſſeau, je perçai avec une grande épingle l'endroit du petit trou qui s'étoit gelé, & où la glace étoit plus élevée d'un pouce qu'au reſte, par l'eau qui s'étoit repandue près du petit trou & s'y étoit gelée; il ſe fit un petit jet d'eau par le trou qu'avoit fait l'épingle après que je l'eus retirée, & l'eau ſe gela de nouveau dans le trou. Je continuai à percer cet endroit de tems en tems juſques à ce que l'eau fût toute gelée. J'expoſai enſuite cette glace à l'air froid pendant toute la nuit ſans qu'elle ſe rompît; ce qui me fit connoître manifeſtement, que la rupture de la glace dans les expériences précédentes procédoit de la force du reſſort des bulles d'air. Le milieu de cette glace étoit mêlé à peu près d'autant d'air que de glace, & il y avoit bien moins de bulles à proportion vers l'extérieur de la glace. Si l'on fait bouillir l'eau pour en faire ſortir la matière aërienne avant que de l'expoſer à la gelée, il ſe fera de la glace juſques à deux ou trois pouces d'épaiſſeur, qui n'aura point de bulles viſibles, & ſera parfaitement tranſparente & propre à faire le même effet pour brûler au ſoleil que les verres convexes. Voici la manière de rendre cette glace convexe. Aïez un petit vaiſſeau creux en demi ſphère, dont le diamétre ſoit d'un demi pied; mettez-y un fragment de cette glace tranſparente, & la mettez ſur un peu de feu pour en faire fondre l'extérieur; vous verſerez l'eau par inclination à meſure que l'extérieur de la glace ſe fondra: retournez-la de l'autre côté, & la faites fondre de même juſques à ce qu'enfin elle ait pris une figure convexe des deux côtez, bien polie & uniforme: alors ſi le ſoleil luit, elle fera à peu près le même effet pour brûler du papier noirci ou de la poudre à canon, comme ſi c'étoit un verre convexe. Quelques-uns ont cru que l'eau bouillie ſe geloit plus aiſément que l'autre; mais en aiant mis de l'une & de l'autre également dans deux verres égaux, & aiant fait en ſorte qu'elles fuſſent refroidies également avant que de les expoſer à la gelée, je ne pus jamais remarquer qu'elles gelaſſent plûtôt l'une que l'autre.

Dans les endroits des rivières où l'eau eſt dormante, il s'y amaſſe de la bouë dont il ſort beaucoup d'air quand on marche deſſus, ou qu'on y fourre un bâton; ſoit que cet air s'y forme peu à peu de la matière aërienne qui ſe trouve dans l'eau de la rivière, ſoit qu'il procéde de ce que l'eau deſcendant par de petits canaux au-deſſous de ſon lit, fait élever l'air qui s'y trouve, lequel rencontrant la bouë s'y arrête. Outre la matière aërienne qui ſe trouve dans l'eau, il y en a une autre qui peut être appellée matière fulminante, que j'ai reconnue par pluſieurs expériences comme celle que je rapporte ici. Mettez dans un petit vaiſſeau de cuivre ou d'étain une groſſe goute d'eau, & de l'huile au-deſſus juſques à un pouce de hauteur; mettez une chandelle allumée au-deſſous du vaiſſeau à l'endroit où eſt la goute d'eau: vous ver-

Digitized by Google

verrez qu'il en ſortira des petites bulles d'air pendant un certain tems, & qu'enſuite il n'en ſortira plus ou très-peu ; mais quand l'huile ſera échauffée, il ſe fera des fulminations dans la goute d'eau, qui feront ſauter une partie de l'huile en haut, & pourront ſéparer la goute d'eau en deux ou trois parties. Cet effort peu procéder de quelques parcelles de ſels ou d'autres matières inconnues diſſoutes dans l'eau, leſquelles aiant atteint un certain degré de chaleur ſe dilatent tout à coup, comme fait l'or fulminant.

L'analogie qui eſt entre l'huile & l'eau, eſt que l'huile s'affermit & ſe géle par un grand froid, mais moins fortement que l'eau ; qu'elle devient coulante à une médiocre chaleur ; qu'une grande chaleur la fait élever en fumée & en exhalaiſons ſemblables à peu près en conſiſtance aux vapeurs qui ſortent de l'eau ; & enfin, que ces fumées, du moins leurs plus ſubtiles parties, ſe changent en flamme par une très-grande chaleur.

L'air, le mercure, & l'eau, où il y a beaucoup de ſel commun diſſous, ne ſe gélent pas, ni ne deviennent pas durs au froid, non plus que l'eſprit de ſalpêtre, l'eſprit de vitriol, & les autres eaux fortes ; mais ces matières demeurent toûjours liquides & coulantes : les eaux fortes s'élévent auſſi en vapeurs par la chaleur.

Le mercure, l'eau, l'huile, le vin, l'eſprit de vin & les autres liqueurs, ſe dilatent par la chaleur, & ſe condenſent par un médiocre froid, ſans qu'il paroiſſe pourtant qu'aucun air y ſoit mêlé ou qu'il en ſorte aucunes bulles. Mettez de l'huile dans une bouteille qui ait le goulet long & étroit, & la chauffez médiocrement ; elle montera peu à peu dans le goulet, & en ſe refroidiſſant elle deſcendra juſques à la pomme ſans qu'il y paroiſſe entrer ou ſortir de l'air : & même ſi la bouteille étant toute pleine d'huile médiocrement chaude, on la renverſe en la ſoûtenant avec le doigt, & qu'on trempe le bout dans de l'eau froide juſques à la moitié du goulet, l'huile ſe refroidiſſant quittera le goulet qu'elle occupoit, & l'eau y montera ; mais ſi on chauffe de nouveau médiocrement la bouteille, l'huile redeſcendera & chaſſera l'eau ſans qu'il paroiſſe s'y former aucunes bulles d'air. Cet effet eſt très-ſenſible dans l'eſprit de vin dont on remplit les thermométres de verre ſcellés hermétiquement ; car quand il fait bien froid, l'eſprit de vin deſcend juſques à la pomme, & dans le grand chaud il monte juſques au haut du tuyau, quoiqu'il ſoit de plus de deux pieds de hauteur. J'ai vû des thermométres pleins de mercure au lieu d'eſprit de vin, qui faiſoient à peu près le même effet.

Le mercure ne s'éléve en vapeur qu'à une grande chaleur. J'ai tenu pendant deux ans une petite bouteille où il y avoit environ une livre de mercure, dans un cabinet où le ſoleil luiſoit pendant l'Eté ; j'y trouvai ſenſiblement le même poids au bout de ce tems-là : mais ſi on en met dans un aſſez grand feu, il s'éléve tout en vapeurs inviſibles, leſ-

quelles étant reçûes dans un alambic, ſe remettent en mercure coulant & liquide comme avant leur évaporation.

On remarque dans l'eau une eſpéce de viſcoſité, qui attache ſes parties l'une à l'autre, & à quelques autres corps, comme au bois & au verre bien net, en ſorte qu'une goute d'eau aſſez groſſe demeure ſuſpendue au verre & au bois ſans tomber; & lorſqu'on en verſe dans un verre bien net ſans l'emplir entierement, elle s'éléve joignant le verre au-deſſus de ſon niveau juſques à plus d'une ligne & demi: & quoiqu'on ne puiſſe bien dire en quoi conſiſte cette viſcoſité, il eſt conſtant que ces effets ſe font toûjours; ainſi deux goutes d'eau ſéparées ſe joignent enſemble & ne font plus qu'une ſeule goute, auſſi-tôt qu'elles viennent à ſe toucher tant ſoit peu. La méme choſe arrive à deux goutes de mercure, à deux goutes d'huile poſées doucement ſur de l'eau en les approchant l'une de l'autre; & même on voit que les petites bulles d'air qui ſont au fond d'un plat plein d'eau quand il a été ſur le feu, ſe joignent à celles qui leur ſont voiſines ſi on les pouſſe l'une contre l'autre avec une épingle ou autrement. J'ai vû une fois rouler le long d'une table de pierre polie, un peu de mercure de la groſſeur d'un pouce: il rencontra un petit creux dans la table, où une petite partie du mercure entra, & le reſte continuant de couler fut ſur le point de ſe ſéparer du peu qui étoit dans le creux, ce qui les joignoit n'aiant plus qu'environ deux lignes de largeur; mais cette viſcoſité qui lie enſemble les parties du mercure, l'empécha, & ce qui étoit paſſé, ſe raprocha de la partie qui étoit dans le creux, & tout le mercure s'arreta deſſus & à l'entour. Pour expliquer en quelque façon cette viſcoſité, on pourroit dire que chacune de ces matieres ont leurs petites parties en perpétuel mouvement, & que celles de chaque eſpéce ont de certaines figures propres à s'acrocher & à ſe lier les unes aux autres, & qu'elles s'embaraſſent & s'acrochent néceſſairement par leur mouvement dés qu'elles ſe touchent. Il y a une autre cauſe qu'on pourroit conjecturer; ſçavoir, que l'air aiant une vertu de reſſort réduiroit ces corps fluides au plus petit eſpace qu'ils peuvent occuper, qui eſt la figure ſphérique: mais il pourroit auſſi-bien réduire en un globe ſeul une goute de mercure & une goute d'eau, & même cette cauſe n'auroit point de lieu dans la machine du vuide lorſqu'on a pompé l'air qui eſt deſſous un récipient, car ce qui en reſte n'a plus de reſſort conſidérable; & cependant les goutes d'eau & celles de mercure ſe joignent enſemble & prennent une rondeur dans cet air extrémement raréfié de la même maniére que dans l'air commun. Dans ces doutes on pourra ſe contenter de prendre pour principe d'expérience, que les fluides de même nature ſont diſpoſés à ſe joindre enſemble auſſi-tôt qu'ils ſe touchent; & l'on appellera cet effet, ſi l'on veut, mouvement d'union. Il y a auſſi de certains corps où l'eau ne s'attache point ou très-difficilement, comme la graiſſe, les feuilles de choux non maniées, les plumes de cignes

Digitized by Google

cignes & canards, & elle s'y met en petites boules, ou ſi elle y eſt en grande quantité, elle ſe met en rondeur aux extrémitez, le reſte demeurant de niveau. Le mercure ne s'attache ni au verre ni au bois ni à la pierre, & c'eſt ce qui lui a donné le nom de vif-argent; car lorſqu'il eſt en petite quantite il roule ſur ces matières par ſa peſanteur, juſques à ce qu'il rencontre de petits creux qui le retiennent: mais il s'attache facilement à l'étain, à l'or, & à quelques autres métaux, & même il s'y imbibe de manière qu'il en diſcontinue les parties, & ne compoſe plus qu'un corps avec elles; c'eſt ce que les Chymiſtes appellent *amalgamer*.

SECOND DISCOURS,

De l'origine des Fontaines.

LEs vapeurs aqueuſes qui s'élévent des mers, des rivières, & des terres humides, étant arrivées à la moïenne région de l'air, & y aiant formé des nuées, s'y refroidiſſent; & elles ne peuvent pas monter plus haut, parce qu'elles rencontrent un air moins condenſé que celui qui eſt proche de la terre, & cet air étant moins peſant qu'elles ne les ſçauroit ſoûtenir. Ces vapeurs étant agitées par les vents ſe rencontrent les unes les autres & s'attachent enſemble, & de pluſieurs petites goutes imperceptibles il s'en fait d'aſſez groſſes qui commencent à peſer plus que l'air qui eſt au-deſſous, & en deſcendant peu à peu elles en rencontrent d'autres plus petites, d'où il arrive qu'elles ſe groſſiſſent ſucceſſivement, & par ce moïen elles deviennent enfin des goutes de pluie. Celles qui viennent des nuées fort hautes, ſont les plus groſſes, parce qu'elles ont plus d'eſpace pour ſe groſſir; & *Ariſtote* s'eſt trompé quand il a ſoûtenu le contraire: la raiſon qu'il en donne, eſt que ſi l'on jette un ſeau d'eau par une fenêtre fort élevée, elle ſe diviſe en de plus petites goutes que ſi l'on ne l'avoit pas jettée de ſi haut: mais cette comparaiſon eſt trompeuſe: car il eſt bien vrai qu'une goute groſſe comme le pouce, tombant plus vîte par l'air qu'une fort petite, ſe ſépare facilement en deux ou trois parties par le choc de l'air, principalement quand il fait un grand vent; & ainſi les plus groſſes goutes ne ſont ordinairement que d'environ trois lignes de largeur, & lorſque deux ou trois de ces goutes ſe joignent enſemble, elles ſe ſéparent incontinent après; mais elles ne peuvent arriver à cette groſſeur de trois lignes de diamétre qu'après s'être jointes pluſieurs enſemble, & on voit tomber ſouvent quand les brouillards s'épaiſſiſſent, de très-petites goutes de pluie qu'on ne peut bien diſcerner que quand il y a quelque objet noir par derrière.

Puis donc que la pluie en ſon commencement eſt très-menue, il eſt

évident qu'il faut qu'elle tombe de fort haut pour ſe groſſir ; & c'eſt par cette raiſon que les pluies d'hiver ſont ordinairement fort menues, parce que les nuës ne s'élévent alors qu'a une petite hauteur. J'ai obſervé que l'air étant couvert de groſſes nuës, & faiſant une pluie fort épaiſſe avec de groſſes goutes au bas d'une montagne fort haute, les goutes étoient moindres à meſure que je montois au haut de la montagne, & quand je fus preſque au plus haut, la pluie étoit trés-menue ; j'étois alors dans un brouillard qui m'avoit paru une nuée quand j'étois au bas de la montagne.

Une ſeule nuée pouſſée par des vents impétueux peut donner de la pluie ſucceſſivement par un eſpace de plus de cinquante lieuës ; ce qu'on a remarqué ſouvent par les dégats que fait la grele qui ſe forme dans une ſeule nuée.

Les pluies étant tombées pénétrent dans la terre par de petits canaux qu'elles y trouvent : ce qui fait que lorſqu'on creuſe la terre un peu profondément on rencontre d'ordinaire de ces petits canaux, dont l'eau s'aſſemblant au fond de ce qu'on a creuſé, fait l'eau des puits. Mais l'eau des pluies qui tombent ſur les colines & ſur les montagnes, aiant pénétré la ſurface de la terre, principalement quand elle eſt légére & mélée de cailloux & de racines d'arbres, rencontre ſouvent de la terre glaiſe, ou des rochers continus le long deſquels elle coule ne les pouvant pénétrer, juſques à ce qu'étant au bas de la montagne ou à une diſtance conſidérable du ſommet, elle reſſort à l'air & forme les fontaines : cet effet de la nature eſt aiſé à prouver. Car premiérement, l'eau des pluies tombe toute l'année en aſſez grande abondance pour entretenir les fontaines & les rivières, comme on le fera voir enſuite par le calcul : ſecondement, on remarque tous les jours que les fontaines augmentent ou diminuent à meſure qu'il pleut ou qu'il ne pleut pas, & s'il ſe paſſe deux mois entiers ſans pleuvoir conſidérablement, elles diminuent la plûpart de la moitié ; & ſi la ſéchereſſe continue encore deux ou trois mois, la plupart tariſſent, & les autres diminuent des $\frac{1}{3}$ ou des $\frac{1}{4}$; d'où l'on peut conclure, que s'il ceſſoit un an entier de pleuvoir, il ne reſteroit que fort peu de fontaines, dont la plûpart ſeroient tres-petites, ou qu'elles ceſſeroient toutes entiérement.

Les grandes rivières, comme la *Seine*, diminuent ſouvent à la fin de l'Eté de plus des $\frac{1}{3}$ de la grandeur qu'elles ont aprés les grandes pluies, quoique la ſéchereſſe ne dure pas trois mois de ſuite : & s'il y a quelques fontaines qui ne diminuent que de la moitié ou du tiers, cela procéde de ce qu'elles ont de grands réſervoirs qu'elles ont creuſé dans les rochers, en aiant emporté les terres & ne s'étant fait que de petites iſſuës ; d'où vient qu'elles ne croiſſent pas tant que les autres par les pluies continuelles. Quelques Philoſophes apportent une autre cauſe de l'origine des fontaines, ſçavoir qu'il s'éléve des vapeurs du profond de la terre, leſquelles rencontrant des rochers au haut des montagnes en forme

me de voûtes, s'y réduiſent en eau comme dans le chapiteau d'un alambic, & que cette eau coule enſuite au pied ou dans le penchant des montagnes. Mais cette hypothèſe ſe peut difficilement ſoûtenir: car ſi A B C eſt une voûte dans une montagne D E F, il eſt manifeſte que ſi les vapeurs ſe réduiſoient en eau dans le concave de cette ſurface A B C, elle tomberoit perpendiculairement vers I I G I & non vers L ou M, & par conſéquent elle ne feroit jamais aucune fontaine: d'ailleurs, on nie qu'il y ait beaucoup de telles cavernes dans les montagnes, & on ne ſçauroit les faire voir: que ſi on dit qu'il y a de la terre à côté & au-deſſous de A B C, on répondra que les vapeurs s'échaperont à côté vers A & C, & qu'il s'en réſoudra fort peu en eau; & parce qu'on voit preſque toûjours de la terre glaiſe où il y a des fontaines, il eſt très vrai-ſemblable que ces prétendues eaux alambiquées ne pourroient paſſer au travers, & par conſéquent que les fontaines ne peuvent pas être produites par cette cauſe. TAB. XIII. Fig. 1.

Quelques Auteurs rapportent que des fontaines ont ceſſé de couler pour avoir donné jour à de grandes concavitez ſoûterraines, d'où il étoit ſorti une grande quantité de vapeurs qui ſe réſoudoient en eau dans ces cavernes: on peut répondre à cela que ces hiſtoires ſont ſuſpectes: on ne nie pourtant pas qu'il n'y puiſſe avoir de telles diſpoſitions dans le haut d'une montagne, principalement dans celles qui ſont couvertes de neige, que les vapeurs qui ſe condenſeroient par la rencontre d'un grand lit de pierre comme dans un alambic, pourroient former quelque petit filet d'eau qui ſortiroit à côté; mais cela eſt très-difficile à rencontrer, & on n'en pourroit tirer de conſéquence pour les autres fontaines.

On objecte encore que les pluies de l'Eté, quoique très-grandes, n'entrent dans la terre que d'environ un demi pied; ce qu'on peut remarquer dans les jardins & dans les terres labourées: je demeure d'accord de l'expérience: mais je ſoûtiens que dans les terres non cultivées & dans les bois il y a pluſieurs petits canaux qui ſont fort près de la ſurface, dans leſquels l'eau de la pluie entre; & que ces canaux ſont continués juſques à une grande profondeur, comme on le voit dans les puits creuſés profondement; & que quand il pleut dix ou douze jours de ſuite, à la fin le deſſus des terres labourées s'humecte entièrement, & le reſte de l'eau paſſe dans les petits canaux qui ſont au-deſſous, & qui n'ont pas été rompus par le labourage.

On voit dans les caves de l'Obſervatoire Roïal de *Paris* pluſieurs goutes d'eau qui tombent du haut des voûtes naturelles de pierre qui y ſont. Mais il eſt aiſé de remarquer qu'elles ne procédent pas des vapeurs; car on les voit toûjours couler par quelques fentes ou par quelques petits trous du rocher, les autres endroits demeurant ſecs ou fort peu humides, & cela arrive après de grandes pluies: il y a même un endroit où eſt la plus grande voûte, où il diſtille en tout tems beaucoup de goutes d'eau;

d'eau; mais elles procédent d'un amas d'eau qui eſt directement au-deſſus.

Il y a des carrières en pluſieurs endroits dont le haut eſt en forme de voûte, & il n'y a que vingt ou trente pieds de terre au-deſſus, où l'on peut remarquer que les petits égoûts d'eau qui s'y font, paſſent par de petites fentes entre les lits de pierre, & qu'ils procédent des pluies, parce qu'ils ne paroiſſent qu'après de grandes pluies, & qu'ils ne durent que quinze jours ou trois ſemaines après qu'il a ceſſé de pleuvoir; & on peut facilement juger que les autres écoulemens des fontaines ſe font de la même ſorte.

L'Eté de l'Année 1681, fut très-ſec en *France*; ce qui fit tarir la plûpart des puits & des fontaines en beaucoup d'endroits: & quoiqu'il fit un aſſez grand froid à la fin d'Octobre & au commencement de Novembre, les eaux continuérent à diminuer; ce qu'elles n'euſſent pas fait s'il ſe fût formé de l'eau par les vapeurs élevées des lieux ſoûterrains & condenſées par le froid de la ſurface de la terre. Il y a un creux dans les caves de l'Obſervatoire, où il y avoit toûjours de l'eau depuis l'année 1668, juſques en 1681: mais la ſéchereſſe de cette année la fit deſſecher entiérement, & il n'y en avoit pas encore une ſeule goute en Février 1682, quoiqu'il eût beaucoup plû pendant pluſieurs jours au commencement de ce mois; & l'Eté ſuivant aiant été fort pluvieux, l'eau n'y revint pourtant point au mois de Septembre, ni même pendant les deux années ſuivantes.

Si l'on jette ſur un terrain ferme, & difficile à être pénétré par l'eau, une grande quantité de pierres, de ſable & de plâtras mêlés de terre, juſques à dix ou douze pieds de hauteur; il ſe fera une petite fontaine au lieu le plus bas qui coulera toûjours, ſi ce terrain eſt de la grandeur d'un arpent ou de deux.

J'ai vû cet effet dans une place où l'on avoit amaſſé de plâtras de la hauteur d'environ trois pieds: elle contenoit en ſurface un peu moins de 500 toiſes: il arrivoit que les eaux des pluies qui tomboient ſur cette place & ſur les toits des maiſons voiſines, étoient retenues par ces plâtras, & ne paſſoient que peu à peu à travers; & ne pouvant pénétrer le pavé & le terrain ferme qui étoit au-deſſous, elles ſe rendoient enfin vers un endroit le plus bas où il ſe faiſoit un petit filet d'eau continuel.

Quelquefois les terres des montagnes ſont diſpoſées de telle ſorte que les eaux qui y entrent, peuvent reſſortir à l'air & couler entre deux terres où entre la terre & les rochers; & alors on ne peut les découvrir qu'en faiſant des tranchées à mi-côte aſſez profondes, & il arrive ſouvent qu'on ramaſſe des eaux en raiſonnable quantité par cette manière, comme on l'a pratiqué en pluſieurs endroits.

Il y a quelques fontaines qui viennent du milieu des montagnes; & elles ſe font lorſque les eaux des pluies aiant trouvé paſſage par les terres ſablonneuſes & par les fentes des rochers juſques aux deux tiers ou aux trois quarts de l'intérieur de la montagne, il s'y trouve un fond con-

continu de terre glaiſe très-dure, ou quelques lits de pierre continue, où l'eau s'arrête & s'amaſſe juſques à une hauteur conſidérable, laquelle faiſant effort de tous côtez par ſa peſanteur, fait enfin quelques ouvertures vers le bas de la montagne par quelques fentes des rochers. Ces ſortes de fontaines durent plus que les autres pendant les grandes ſéchereſſes, & peuvent être chargées de divers ſels & d'autres matieres qui s'y diſſoudent.

On voit quelquefois des fontaines bien élevées dans le haut des montagnes, & quelques-uns ſoûtiennent qu'elles ſont au plus haut lieu. J'ai remarqué une de ces fontaines dans une montagne à deux lieuës de *Dijon*: elle donne beaucoup d'eau: & quand on en eſt fort près, on ne voit qu'environ quarante pieds de hauteur de terrain au-deſſous, dont la pente eſt très-roide; mais ſi l'on regarde de loin cette montagne, on la voit s'étendre par une pente aſſez ſenſible, juſques à plus de cinq cent toiſes de longueur & deux cent de largeur. Or en cet eſpace il tombe aſſez d'eau des pluies pour entretenir cette fontaine, comme il ſera prouvé enſuite.

Il y a des lacs au-deſſus de quelques montagnes qui donnent de petits ruiſſeaux; cela peut arriver, parce qu'il y a des terres à l'entour du lac plus élevées que le niveau de l'eau & d'une grande étenduë. Mr. *Caſſini* m'a dit avoir vû en *Italie* un aſſez grand lac au-deſſus d'une haute montagne où il y avoit deça & delà des élévations de terre de plus d'une demi lieuë de longueur, qui étoient ſouvent couvertes de neiges, dont les écoulemens avec celui des eaux des pluies pouvoient aiſément entretenir le lac, qui doit avoir un terrain très-ferme au-deſſous, ou des rochers continus; il y fait ordinairement très-froid, c'eſt pourquoi cette eau ne s'exhale pas conſidérablement.

Il y a une fontaine au *Mont-Valérien*, à deux lieuës de *Paris*, à peu près de même. Le terrain qui la produit a environ cent toiſes de longueur, & cinquante de largeur: elle eſt auprès d'une maiſon, environ au tiers de la hauteur de la montagne. Il y a encore pluſieurs autres endroits du même côté, dans leſquels on trouve de l'eau: & on y fait de petites fontaines coulantes, en creuſant la terre de ſept ou huit pieds de hauteur; car ſi après avoir trouvé l'eau on continue l'ouverture horiſontalement tirant vers le bas juſques à ce qu'on ait gagné la hauteur du terrain, on aura une petite fontaine qui ne tarira que rarement. Il y a de l'autre côté de la même montagne, tout au plus bas, une aſſez belle fontaine qui ne tarit point. Il y en a auſſi trois ou quatre à *Mont-Martre*: la plus élevée eſt environ à 50 pieds au-deſſous du haut de la montagne: le terrain qui produit la plus grande, n'a qu'environ 300 toiſes de longueur & 100 de largeur; elle ne donne auſſi que très-peu d'eau, même après les grandes pluies: les deux autres n'en donnent pas chacune le quart de la grande, & ne coulent qu'après de très-grandes pluies.

La ville de *Langres* eſt ſituée à l'extrémité d'une éminence fort élevée, laquelle continue dans la meme hauteur juſques à une lieuë de longueur avec une médiocre largeur. Il y a une autre montagne vis-à-vis de même hauteur & longueur à peu près, & de plus d'un quart de lieuë de largeur. Entre ces deux montagnes il y a un grand valon, où coule un aſſez grand ruiſſeau ou petite rivière qui procéde de pluſieurs fontaines qui ne ſont pas beaucoup éloignées du ſommet de ces montagnes: & il eſt aiſé de juger qu'elles ſont produites par les eaux des pluies qui tombent ſur les plaines qui ſont au haut, & qui ont un terrain fort ſpacieux; il en vient davantage de celle qui a le plus d'étenduë en largeur.

Toutes les autres fontaines ſont à peu près ſemblables à celle-là, & doivent avoir des hauteurs conſidérables au-deſſus de leur ſortie. Il y a une campagne à ſix lieuës de *Paris*, entre la valée de *Palaizeau* & celle de *Marcouſſi*, qui a plus de deux lieuës de longueur & une de largeur, où l'on voit des mares en quelques endroits, qui ne ſont ſurmontés que de cinq ou ſix pieds par les lieux les plus élevés: mais le terrain y eſt très-dur à deux où trois pieds de profondeur, particuliérement proche le château de *Bauregard*, où il y a trois ou quatre de ces mares; & ce terrain eſt tellement impénétrable à l'eau, que pour y faire une conduite d'eau, on s'eſt contenté de creuſer un petit foſſé à deux ou trois pieds de profondeur, & le remplir de pierres ſans mettre aucun ciment au fond.

On pourroit objecter qu'il ne tombe pas aſſez d'eau en toute l'année pour fournir aux grandes rivières qui ſe déchargent dans la mer.

Pour réſoudre cette difficulté, je me ſers d'une expérience qui a été faite à ma prière, il y a ſept ou huit ans à *Dijon* par un très-habile homme & très-exact dans ſes expériences. Il avoit mis vers le haut de ſa maiſon un vaiſſeau quarré qui avoit environ deux pieds de diamétre, au fond duquel il y avoit un tuyau qui portoit l'eau de la pluie qui y tomboit, dans un vaiſſeau cylindrique, où il étoit facile de la meſurer toutes les fois qu'il pleuvoit: car quand l'eau étoit dans ce vaiſſeau cylindrique, il s'en exhaloit fort peu pendant cinq ou ſix jours. Le vaiſſeau de deux pieds étoit ſoûtenu par une barre de fer qui s'avançoit de plus de ſix pieds au-delà de la fenêtre où elle étoit poſée & arrêtée, afin qu'il ne reçût que l'eau de la pluie qui tomboit immédiatement dans la largeur de ſon ouverture, & qu'il n'y entrât que celle qui y devoit tomber ſelon la proportion de ſa ſurface ſupérieure. Le réſultat de ces expériences fut, qu'en une année il pouvoit ordinairement tomber des eaux de la pluie juſques à la hauteur d'environ dix-ſept pouces. L'Auteur du livre intitulé l'*Origine des Fontaines*, aſſûre avoir fait une ſemblable expérience pendant trois années, & que l'une portant l'autre il étoit tombé de l'eau de la pluie en un an juſques à 19 pouces 2 lignes ½ de hauteur.

Je prens moins que ces obſervations, & je ſuppoſe qu'en un an il tom-

Digitized by Google

tombe ſeulement de l'eau de la pluie juſques à 15 pouces de hauteur: ſur ce pied-là une toiſe recevroit en un an 45 pieds cubes d'eau; & ſuppoſant qu'une lieuë contienne de longueur 2300 toiſes, une lieuë quarrée contiendroit 5290000 toiſes ſuperficielles, qui multipliées par 45 donnent 238050000 pieds cubes.

Les ſources les plus éloignées de la *Seine* ſont à 60 lieuës de *Paris* à peu près: ſçavoir, celles de la rivière d'*Armançon* & des autres rivières qui entrent dans les rivières d'*Yonne* & de la *Seine*, à les prendre depuis les ſources les plus proches de la *Loire* auprès de la *Charité*; & celles qui entrent dans la *Marne*, depuis celles qui ſont les plus proches de la *Meuſe*, au-delà de *Bar-le-Duc*. La diſtance de ces ſources les plus éloignées l'une de l'autre eſt de près de 60 lieuës. Que ſi l'on coupe la rivière de *Seine* par une ligne perpendiculaire qui paſſe à cinq ou ſix lieuës de *Paris*, du côté de *Corbeil*, on trouve des ſources vers les extrémitez de cette ligne, qui ſont diſtantes l'une de l'autre d'environ 45 lieuës. Je ſuppoſe donc, que la continence de toute cette étenduë de païs eſt de 60 lieuës de longueur revetue, & de 50 lieuës de largeur, qui font 3000 lieuës ſuperficielles, dont le produit par 238050000 eſt 714150000000: d'où l'on voit que les terres qui fourniſſent l'eau de la *Seine* à *Paris*, reçoivent des pluies 714150000000 pieds cubes d'eau en un an.

La *Seine* au-deſſus du Pont-Royal, lorſqu'elle touche les deux quais ſans couvrir que très-peu l'extrémité du terrain de part & d'autre, a 400 pieds de largeur & cinq pieds de profondeur moïenne: elle eſt alors dans ſa moïenne grandeur: ſa viteſſe au haut de l'eau eſt telle qu'elle fait environ 150 pieds en une minute: elle en fait 250 quand les eaux ſont en leur plus grande hauteur; car un bâton qui eſt emporté par le milieu du courant, va auſſi vîte qu'un homme qui marche bien fort, lequel peut faire 15000 pieds en une heure, & par conſéquent 250 en une minute, c'eſt-à-dire, environ 4 pieds en une ſeconde. Mais parce que le fond de l'eau ne va pas ſi vîte que le milieu, ni le milieu que la ſurface ſupérieure, comme il ſera prouvé enſuite; on peut prendre pour viteſſe moïenne 100 pieds en une minute.

Le produit de 400 pieds de largeur par 5 pieds de hauteur moïenne eſt 2000: car elle a 8 ou 10 pieds en des endroits, & ſix, ou trois, ou deux, en d'autres: & le produit de 200 par 10 pieds fait 2000000 pieds cubes; & par conſéquent il paſſe, par une ſection du lit de la rivière de *Seine* au-deſſus du Pont-Royal, 200 mille pieds cubes en une minute, & 120000000 en une heure, & en 24 heures 2880000000, & en un an 1051200000000, qui n'eſt pas la 6e. partie de l'eau qui tombe en un an par les pluies & les neiges, ſçavoir 714150000000 pieds cubes. Il eſt donc manifeſte, que quand le tiers de l'eau des pluies s'éléveroit en vapeurs incontinent après être tombée, & que la moitié du reſte demeureroit dans les terres ſuperficielles pour les tenir mouillées, comme on les voit ordinairement, & dans les lieux ſoûterrains au-

deſſous des grandes plaines, qu'il n'y auroit que le reſte qui s'écoulât par de petits conduits pour faire les fontaines au-deſſous ou au penchant des montagnes; il y en auroit aſſez pour produire ces ſontaines, & les rivières telles qu'on les voit. Si on prend 18 pouces au lieu de 15 dans le calcul ci-deſſus, on trouvera au lieu de 71415000000000, 85698000000000 pieds cubes, qui donneront huit fois plus d'eau que la *Seine* n'en fournit.

Pour calculer l'eau de la plus grande fontaine de *Mont-Martre*, il faut multiplier 300 toiſes de longueur par 100 de largeur; le produit eſt 30000 toiſes, qui donneront, à 54 pieds cubes par toiſe, 1620000 pieds cubes à peu près en un an. Or le terrain de cette montagne eſt ſablonneux juſques à 2 ou 3 pieds de profondeur, & le deſſous eſt une terre glaiſe; une partie de l'eau des grandes pluies coule d'abord au bas de la montagne; une partie du reſte demeure dans le ſable proche de la ſurface; le reſte coule entre le ſable & la glaiſe: & ſi l'on ſuppoſe que ce ne ſoit que la quatrième partie du total, qui eſt de 56700000 pintes en un an, ou 155341 en un jour; ce qui fait 6472 pintes en une heure, & 107 en une minute; ce quart ſeroit environ 26 pintes par minute que devroit donner cette fontaine, & c'eſt ce qu'elle donne à fort peu près, lorſqu'elle eſt plus que médiocre.

TROISIÈME DISCOURS,

De l'origine & des cauſes des Vents.

L'Origine des vents eſt beaucoup plus difficile à découvrir que celle des fontaines, parce que chaque fontaine aiant le commencement de ſa production, & l'iſſuë de ſa ſource en une ſeule montagne, un ſeul homme en peut obſerver toutes les plus conſidérables circonſtances: mais un meme vent s'étendant bien ſouvent par l'eſpace de plus de 100 lieuës, il faut néceſſairement pluſieurs obſervateurs en méme-tems, pour ſçavoir où il commence & où il finit, & quel eſpace il coupe en largeur.

J'entrepris pluſieurs fois d'avoir des correſpondances pour ces obſervations dans des étenduës de ſept ou huit cent lieuës en pluſieurs endroits de l'*Europe* en méme tems; comme depuis *Paris* juſqu'à *Varſovie* & vers les extrémitez de l'*Italie* & de l'*Eſpagne*, & depuis *Londres* juſqu'à *Conſtantinople*, de cent lieuës en cent lieuës: mais, quoique pluſieurs curieux à qui j'en avois parlé ou écrit, me l'euſſent promis, & que de mon côté je fiſſe exactement le miennes à *Paris* & ailleurs; je n'en ai pû avoir que fort peu de correſpondantes, dont je parlerai dans la ſuite.

Ariſtote & quelques autres Philoſophes ont cru que les vents procédent des exhalaiſons ou fumées élevées de la terre, lorſqu'elles ſe réfléchiſ-

chiſſent après être montées perpendiculairement juſques à la moïenne région de l'air. Cette opinion a fort peu de vrai-ſemblance : car les exhalaiſons s'élévent fort lentement ; & par conſéquent leur réflexion ne peut donner qu'un foible mouvement à l'air, & ne peut produire qu'un vent très-médiocre, qui ne règneroit ordinairement que dans la moïenne région de l'air, & ne deſcendroit pas juſques à la ſurface de la terre. Il eſt vrai que s'il s'éléve en quelque lieu particulier une extraordinaire quantité d'exhalaiſons & de vapeurs, elles pourroient occuper aſſez de place dans l'air pour en repouſſer une partie en circonférence ; mais ce mouvement d'air ſeul ſeroit trop foible pour produire un vent conſidérable, & qui eût une viteſſe égale à celle de la plûpart de vents. Il s'enſuivroit auſſi, ſi cette opinion étoit véritable, qu'il ne viendroit point de vents de la mer Océane vers les côtes de *France* & d'*Eſpagne*, puiſqu'il ne s'éléve point d'exhalaiſons des eaux de la mer, ou très-peu, mais ſeulement des vapeurs aqueuſes ; & cependant il s'y fait ſouvent des vents d'Occident très-violens.

Monſieur *Deſcartes*, qui a voulu rendre raiſon de toutes choſes, à cru que les nuées qui étoient ſur le point de ſe réſoudre en pluie, pouvoient produire les vents en tombant d'en-haut les unes ſur les autres. Mais il n'a pas conſidéré qu'il n'y a point de nuée ſi épaiſſe qui n'ait beaucoup d'air dans les intervalles des vapeurs qui la compoſent, & que par cette raiſon l'air qui eſt entre deux nuées, peut paſſer facilement au travers à meſure qu'elles s'aprochent l'une de l'autre, ou qu'elles tombent de haut en bas vers la terre ; ajoûtez à cela, que les nuées ſupérieures deſcendent ſi lentement ſur les inférieures, qu'il eſt impoſſible qu'elles donnent une grande viteſſe à l'air qui eſt entre deux, & il ne peut jamais en réſulter un mouvement d'air d'un ſeul côté qui puiſſe être porté par une eſpace tant ſoit peu conſidérable. La raiſon qu'apporte cet Auteur pour prouver que ces nuées fort élevées produiſent les tempetes, ſçavoir que plus les corps peſans tombent de haut, plus leur chûte eſt impétueuſe, eſt un pur ſophiſme ; car cela n'arrive qu'aux corps fort peſans comme les pierres & les métaux : mais à l'égard des nuées qui commencent à deſcendre quand elles ſont ſur le point de ſe rendre en petites goutes de pluies, la plus grande viteſſe qu'elles puiſſent acquérir en deſcendant, eſt de faire cinq ou ſix pieds en l'eſpace d'une ſeconde, & ces petites goutes peuvent acquérir cette viteſſe en venant ſeulement de cinquante pieds de haut. Ce même Auteur a encore tâché d'expliquer les vents par les dilatations inégales des vapeurs, & a ſoûtenu que les vapeurs ſe dilatant mille fois plus que l'air à proportion, elles doivent être les cauſes des vents, donnant pour exemple le vent des Eölipiles. Mais tous ces raiſonnemens ſont fondés ſur de fauſſes ſuppoſitions : car il n'eſt point vrai que l'eau étant extrémement échauffée ne produiſe que des vapeurs, car elle produit auſſi beaucoup d'air & d'autres matières encore plus raréfiées, comme il a été

Digitized by Google

été expliqué ci-devant ; & c'eſt ce qui fait le vent des Eölipiles, & non pas les vapeurs aqueuſes que ces matières raréfiées font ſortir avec elles. Car les vapeurs, qui ne ſont autre choſe que de petites parcelles d'eau que la chaleur fait ſéparer du reſte de l'eau, ne ſe changent point en air, & n'occupent pas d'avantage d'eſpace pour être plus raréfiées, puiſque cette dilatation n'eſt à parler proprement qu'une ſéparation de ces petites parcelles ; de la même manière que lorſqu'on jette en l'air une poignée de cendres ou de pouſſiere dans une chambre, les petites parcelles de la cendre étant éparſes, n'occupent pas plus de place dans la chambre que lorſqu'elles étoient dans la main, & ne pouſſent pas l'air au dehors pour ſe faire place. Et s'il étoit vrai que les vapeurs qui compoſent une nuée, fiſſent naître des vents, la nuée demeureroit immobile, & pouſſeroit des vents de toutes parts autour d'elle ; ce qui eſt contraire aux obſervations ; car on voit par expérience que les vents pouſſent & emportent les nuées d'un ſeul côté, & qu'ils occupent beaucoup plus d'eſpace en largeur que les plus groſſes nuées. J'obſervai un jour étant au haut de la platte-forme de l'Obſervatoire, qu'il venoit une groſſe nuée du côté du Couchant, dont on voïoit tomber une pluie fort épaiſſe : cette pluie tomboit à 300 pas de l'Obſervatoire, qu'on ne ſentoit encore aucun vent conſidérable ſur la platte-forme. Je deſcendis avec ceux qui étoient avec moi pour éviter l'orage, qui dura ſept ou huit minutes, & lorſqu'il fut fini, je vis la nuée qui étoit paſſée, & qui étoit déja fort éloignée : mais il ne faiſoit plus de vent conſidérable ſur la platte-forme ; ce qui me fit connoître manifeſtement, que c'étoit le vent qui avoit cauſé cette pluie, & que la nuée d'où tomboit la pluie, n'avoit pas produit le vent qui la pouſſoit ; ce que j'explique en la manière ſuivante :

Lorſqu'il s'excite par quelque cauſe que ce ſoit, un vent aſſez grand en une partie de l'air proche de la terre, il chaſſe devant lui les vapeurs qu'il rencontre, & les amaſſe les unes contre les autres en peu de tems ; car s'il ſouffle avec une viteſſe à faire 20 ou 25 pieds par ſeconde, il peut paſſer 6 ou 7 lieuës en une heure, & former une nuée de plus d'une lieuë de longueur, comme étoit celle dont je viens de parler : & enfin lorſque les petites parcelles d'eau qui compoſent les vapeurs, ſont très-preſſées par le vent, il s'en forme des goutes de pluie, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il s'enſuit que c'eſt le vent qui fait les nuées & les pluies, & que les nuées ne ſont point le vent.

Voici quelques conjectures qui me paroiſſent fort vrai-ſemblables ſur les véritables cauſes des vents, leſquelles j'ai fondées ſur pluſieurs obſervations que j'ai faites ou fait faire, ou que j'ai tirées de pluſieurs relations de voïages de mer.

Je ſuppoſe que quelque viteſſe qui puiſſe être donnée à un eſpace d'air de la groſſeur d'une nuée, il ne peut continuer un mouvement ſenſible au travers du reſte de l'air immobile que juſques à un quart de lieuë au plus ; ce qui eſt aiſé à prouver par expérience en pouſſant le

vent

vent d'un ſoufflet d'une extrémité d'une chambre vers l'autre.

Je ſuppoſe encore qu'il s'éléve plus de vapeurs des eaux des mers que des terres, & plus de fumées ſalpétreuſes & ſulfurées des terres découvertes, que de celles qui ſont ſous les eaux.

Cela étant ſuppoſé, je dis qu'il y a trois cauſes principales des vents, & quelques autres cauſes particulières & moins importantes. Les trois principales & générales ſont:

1°. Le mouvement de la terre de l'Occident à l'Orient, ou, ſi l'on n'admet point cette hypothèſe, celui du ciel de l'Orient à l'Occident.

2°. Les viciſſitudes des raréfactions de l'air par la chaleur du ſoleil, & de ſes condenſations lorſque le ſoleil ceſſe de l'échauffer.

3°. Les viciſſitudes des élévations de la lune vers ſon apogée, & de ſes deſcentes vers ſon périgée.

Les cauſes particulières les plus conſidérables ſont:

1°. Quelques élévations extraordinaires d'exhalaiſons & de vapeurs de la terre en certains lieux.

2°. La chûte des groſſes pluies, ou de quelques grêles groſſes & épaiſſes.

3°. Les éruptions de quantité d'exhalaiſons ſulfurées & ſalpétreuſes dans les tremblemens de terre:

4°. Les ſoudaines fontes des neiges dans les hautes montagnes.

Ces cauſes particulières fortifient les cauſes principales, ou diminuent & empechent leurs efforts ſelon la diverſité des lieux & des tems, par pluſieurs combinaiſons. Les éruptions des exhalaiſons peuvent être fort irrégulières dans les périodes des tems, & dans leur quantité & leur force, comme on voit des irrégularitez dans les périodes des tremblemens de terre, & dans la variation de l'aiguille aimantée; & l'on peut rapporter les unes & les autres à quelques grands changemens qui ſe font de tems en tems dans l'intérieur de la terre. L'on voit auſſi que les montagnes ardentes ne font pas leurs éruptions embraſées en des intervalles de tems limités & périodiques.

Par ces cauſes tant générales que particulières, on peut expliquer tous les vents, comme on le verra dans la ſuite.

Il eſt manifeſte, que ſi la terre ſe meut autour de ſon centre d'Occident en Orient, la ſurface va beaucoup plus vîte ſous la ligne équinoxiale, qu'au 30 ou 40 degré de latitude de part & d'autre; & que cette ſurface entraine avec ſoi l'air qui en eſt proche; mais avec un peu moins de viteſſe; ce qui doit faire paroître un mouvement d'air d'Orient en Occident à ceux qui ſont ſous l'Equateur, juſques à une latitude de plus de vingt degrez de part & d'autre, puiſque ce mouvement étant plus vîte que celui de l'air qui la ſuit, ils doivent ſentir le choc de l'air qu'ils rencontrent ſucceſſivement. Et c'eſt de là que peuvent procéder ces vents qu'on appelle Alizez, qui règnent preſque toûjours entre les deux Tropiques; mais qui ont cette différence, que lorſque le ſoleil eſt au

Tropique du Cancer, il ſe fait ordinairement un vent d'*Eſt-Nord-Eſt*, ou de *Nord-Eſt*, & que quand il eſt vers le Tropique du Capricorne, ce vent eſt ordinairement *Sud-Eſt*; ce qu'on explique aiſément par la ſeconde cauſe, ſçavoir la raréfaction de l'air excité par la chaleur du ſoleil: car lorſqu'il eſt dans les ſignes du Capricorne & du Sagittaire, il échauffe beaucoup l'air & les terres qui ſont au-deſſous; d'où il arrive que cet air étant extrêmement dilaté, & celui qui eſt ſous les ſignes oppoſés s'étant condenſé en même tems par le froid de l'hiver qui y règne alors, il ſe fait néceſſairement un mouvement d'air du Midi vers le Septentrion, lequel ſe joignant au mouvement qui va d'Orient en Occident, il doit faire un vent compoſé des deux, ſçavoir un *Sud-Eſt*, ou *Eſt-Sud-Eſt*: & au contraire quand le ſoleil eſt dans le Tropique du Cancer, il doit ſe faire un mouvement d'air du Septentrion vers l'autre Pole, qui ſe joignant au même mouvement de l'Orient à l'Occident, fait le vent de *Nord-Eſt*, ou d'*Eſt-Nord-Eſt*.

Les relations de quelques Pilotes portent, que les vents d'Occident régnent ordinairement dans la Mer Océane, depuis le 27e. degré juſques au 40e. J'explique ces vents en la manière ſuivante, prenant le 33e. degré de latitude pour exemple:

L'air qui eſt entre les deux Tropiques va un peu moins vîte vers l'Orient que la terre qui eſt au-deſſous, puiſqu'on n'y ſent qu'un vent médiocre, qui ne fait pas ordinairement plus de huit ou dix pieds en une ſeconde; au lieu que la ſurface de la terre qui eſt ſous l'Equateur, fait dans le même tems environ 1423 pieds; mais la ſurface de la terre au 33e. degré de latitude, ne fait que 1195 pieds; & par conſéquent ſi l'air qui eſt en ce parallele, alloit auſſi vîte que celui qui eſt ſous l'Equateur, il iroit plus vîte que cette ſurface d'environ 228 pieds par ſeconde. Or ſi l'air du 33e. degré n'avoit ſon mouvement que de la terre qui eſt au-deſſous qui l'entraine, on y ſentiroit un vent d'Orient, dont la viteſſe ſeroit d'environ 8 ou 10 pieds par ſeconde. Mais parce que l'air qui eſt depuis l'Equateur juſques au 10e. degré, entraine celui qui eſt à côté toûjours en diminuant juſques au 33e. degré; il peut arriver que cette diminution s'y réduiſe à 20 pieds par ſeconde, de manière qu'étant jointe à la diminution de 10 pieds par ſeconde en un ſens contraire qui ſe feroit s'il n'y avoit point d'autre cauſe, l'air y ſera pouſſé à faire 10 pieds par ſeconde, plus que la ſurface de la terre vers l'Orient, & qu'on y ſentira un vent d'Occident, auſſi grand que les vents Alizez le ſont entre les deux Tropiques. Ajoûtez à cela, que les vents Alizez rencontrant les côtes de l'*Amérique* courbées en demi-lune depuis la *Cayenne* juſques au Golphe de *Mexique*, peuvent ſe réfléchir contre leurs hautes montagnes, & aider à produire ces vents d'Occident, & augmenter leur viteſſe; & ces vents ſeroient perpétuels s'ils n'étoient empêchés quelquefois par une ou pluſieurs des autres cauſes dont on a parlé ci-devant.

Il

Digitized by Google

Il y a beaucoup d'endroits entre les deux Tropiques où il ſe fait des vents extraordinaires qui viennent des terres vers la mer ſur l'entrée de la nuit, & de la mer contre les côtes depuis que le ſoleil eſt levé juſques vers midi. On explique ces vents en la manière ſuivante:

Suppoſons une grande Iſle qui ſoit au 15e. ou au 20e. degré de latitude, où les vents Alizez peuvent être foibles: le ſoleil échauffant les terres de cette Iſle depuis midi juſques à 4 ou 5 heures du ſoir, & en meme tems la mer qui en eſt proche; il ne ſe fait point de mouvement d'air ſenſible par cette cauſe: mais immédiatement après le ſoleil couché, l'air de la mer ſe condenſe beaucoup en ſe refroidiſſant, & les terres de l'Iſle conſervant long-tems leur chaleur, l'air qui eſt au-deſſus, ne ſe condenſe que peu à peu, & beaucoup moins au commencement que celui de la mer; d'où il doit arriver qu'il ſe fera un vent par le mouvement de l'air de l'Iſle qui coule pour remplir la place de celui qui s'eſt beaucoup condenſé au-deſſus de la mer voiſine. Mais au moment que le ſoleil ſe léve, les terres de l'Iſle étant refroidies par la longueur de la nuit, & l'air s'y étant beaucoup condenſé, il ſe doit faire un reflux de l'air qui s'étoit avancé vers la mer, aſſez grand pour produire un petit vent venant de la mer contre les côtes.

Les viciſſitudes des vents, ou leur flux & reflux, ſe remarquent encore, ſelon quelques relations, le long de la mer *Méditerranée* en de certaines ſaiſons de l'année; car elles aſſûrent qu'il s'y fait un vent d'Orient le matin, & un vent d'Occident le ſoir. Le premier peut procéder de la dilatation de l'air qui ſe fait vers les païs qui ſont orientaux à cette mer, ſçavoir la *Natolie*, *l'Arabie*, &c. où le ſoleil eſt déja fort élevé, quand il ſe léve à l'égard du milieu de la *Méditerranée*; & cette dilatation peut faire ſentir un vent d'Orient vers les Iſles de *Malte* & de *Sicile*: mais deux ou trois heures après midi le vent d'Occident s'y doit faire ſentir juſques bien avant dans la nuit, à cauſe de la dilatation de l'air par la chaleur du ſoleil, qui échauffe alors fortement les terres qui ſont au-delà de cette mer en *Eſpagne* & en *Affrique*, & ceſſe d'échauffer celles qui ſont vers l'Orient; d'où il arrive néceſſairement qu'il ſe fait un reflux d'air de l'Occident vers l'Orient dans le milieu de la *Méditerranée*.

Dans le commencement de Novembre il ſe fait dans l'*Iſle de France*, dans la *Bourgogne*, & dans la *Champagne*, des vents du *Sud* qui amènent de grandes pluies; parce qu'alors les terres vers le Pole Septentrional ne voïent plus le ſoleil, & l'air s'y condenſe beaucoup par un froid exceſſif: d'où il arrive que les terres de l'*Affrique* etant alors beaucoup échauffées, y pouſſent leur air pluſieurs jours durant, & y en font amaſſer au-delà de l'équilibre, dont il reflue & fait un vent de *Nord-Eſt* aſſez doux à cauſe du vent du Midi qui y a porté un air chaud, lequel venant à reiluer donne un beau tems & peu froid 3 ou 4 jours de ſuite; & c'eſt ce qu'on appelle l'*Eté de la Saint Denis* ou *de la Saint Martin*.

On peut aiſément comprendre que lorſque le ſoleil luit à plomb ſur un grand eſpace de terre, l'air qui eſt au-deſſus, s'echauffe beaucoup, & s'étend de toutes parts en circonférence, & que l'air s'y refroidiſſant de toutes parts en circonférence, par l'abſence du ſoleil, il y doit venir un reflux d'air. Ce flux & reflux de l'air ſe voit bien ſouvent en petit. Monſieur *Huggens* me dit un jour qu'il avoit obſervé que ſa chambre étant bien fermee, ſon barometre qui étoit un de ceux qui font baiſſer leur liqueur par la plus grande peſanteur de l'air, & dont les changemens de hauteur ſont fort ſenſibles, s'étoit baiſſé & hauſſé alternativement pluſieurs fois en un quart-d'heure. J'en attribuai la cauſe à quelque vent qui s'étoit rabattu dans la cheminée de ſa chambre, lequel y aiant preſſé l'air, lui avoit donné une plus grande force de reſſort qui avoit fait deſcendre la liqueur de ſon barometre; & cet air condenſé aiant enſuite la liberté de s'étendre par la ceſſation de la cauſe, repaſſoit par la cheminée, & ſon reſſort étant diminué la liqueur du barométre remontoit; & parce que le mouvement acquis par l'air qui remontoit par le tuyau de la cheminée en faiſoit ſortir beaucoup plus que ſelon la proportion de l'equilibre, il ſe faiſoit de nouveau une deſcente de l'air par le même tuyau, qui mettoit encore la condenſation de l'air de la chamdre au-delà de l'équilibre; & faiſoit deſcendre la liqueur du barométre, & ainſi de ſuite, en diminuant peu à peu juſques à une entière réduction à l'équilibre.

J'ai vû un ſemblable effet dans un fourneau où l'on faiſoit de la chaux; il étoit comme une petite chambre voûtée où il y avoit dans le milieu une fenêtre quarrée d'un pied & demi de largueur, par laquelle on jettoit le bois pour entretenir le feu. Il arrivoit que le feu étant grand, l'air enfermé ſe dilatoit extremement, & qu'il ſortoit en partie par la fenêtre avec beaucoup de viteſſe: & le feu s'étant alors diminué par le défaut de l'air, la chaleur de l'air enfermé diminuoit, & devenant par conſéquent moins rarefié, il en rentroit néceſſairement par la fenêtre en forme de vent qui ſoufflioit le feu & le ralumoit; ce qui faiſoit dilater l'air de nouveau par une augmentation de chaleur, & le faiſoit reſſortir encore par la fenêtre. Cette viciſſitude faiſoit une eſpéce de reſpiration ſemblable à celle des animaux. Ceux qui faiſoient ce travail, me dirent que la même choſe ſe faiſoit dans tous leurs fourneaux à chaux, & ils me firent remarquer que les papillons & les autres animaux qui volent la nuit vers la lueur du feu, étant à un pied ou deux de la fenêtre, étoient entraînés dans le fourneau par l'air qui y rentroit avec une grande viteſſe après en être ſorti. Le tems de chaque reſpiration étoit trois ou quatre fois plus long que celui de la reſpiration des animaux.

J'ai remarqué par pluſieurs obſervations, qu'à *Paris* & dans le voiſinage, les vents font en 15 jours à peu près une révolution entière, ſouffl nt ſucceſſivement de tou es les parties de l'horiſon; & qu'aux nouvelles & pleines lunes le vent eſt preſque toûjours *Nord* & *Nord-Eſt*: c'eſt-

c'eſt-à-dire, que s'il ſe fait un vent de *Nord* à la nouvelle lune, il paſſe à l'*Eſt* dans trois ou quatre jours, & enſuite au *Sud*, puis à l'*Oüeſt*, & ſe remet au *Nord* vers la pleine lune, d'où il repaſſe ſucceſſivement vers l'*Eſt*, le *Sud* & l'*Oüeſt*, revient à la nouvelle lune au *Nord* ou au *Nord-Eſt*. Quelques-uns de ces vents tournent quelquefois un peu en arrière, comme de l'*Oüeſt* au *Sud-Oüeſt*, & du *Nord-Eſt* au *Nord*; & alors ces vents durent ſept ou huit jours: mais ils ne font preſque jamais un tour entier. Il arrive auſſi quelquefois que le vent paſſe de l'*Oüeſt* au *Nord-Eſt*, & de l'*Eſt* au *Sud-Oüeſt*, ſans que les vents d'entre-deux ſe faſſent remarquer.

On peut expliquer ces révolutions de vents par la troiſième cauſe principale, en la manière ſuivante:

Il eſt très-vrai-ſemblable que la lune ſe levant à ſon apogée doit entraîner beaucoup d'air après elle, ſi l'on ſuppoſe qu'elle nage dans l'air, & que ſon diamétre ſoit de 5 à 6 cent lieuës, comme les Aſtronomes l'aſſûrent: car en s'élevant elle doit entraîner l'air qui lui eſt proche, celui-ci l'air qui eſt au-deſſous, juſqu'aux terres qui ſont ſous la Zone Torride; & par cette raiſon, l'air qui eſt proche des poles de part & d'autre y doit couler pour conſerver l'équilibre du reſſort; ce qui doit produire le *Nord* vers le milieu de la Zone Tempérée Septentrionale, lequel ſe joignant avec le vent d'*Eſt*, qui eſt produit par la même cauſe première, ſçavoir par le mouvement de la terre, compoſe le *Nord-Eſt*, qui règne à *Paris* ordinairement dans les nouvelles lunes.

Il ſe doit faire encore un petit vent de *Nord* par le grand mouvement de l'air entraîné par la terre, depuis la ligne équinoctiale juſques au 50 ou 60e. degré. J'ai expérimenté que faiſant tourner bien vîte une boule de plomb de deux pouces de diamétre proche d'un ſeau plein d'eau, il s'élevoit vers la boule de petites ſaletez qui étoient au fond du ſeau: & aiant ſuſpendu une boule de 8 pouces de diamétre, & la faiſant tourner médiocrement vîte, il ſe faiſoit un grand mouvement d'air à côté, & un autre fort petit de bas en haut vers le pole de la boule; ce que je connoiſſois par de petits duvets poſés ſur le haut d'un petit bâton perpendiculaire, diſtant de deux ou trois pouces de la boule, leſquels ſe mouvoient comme pour ſe lever vers elle; mais ce vent étoit très-foible. D'où l'on peut juger que l'air vers les poles ſe meut contre la terre, & peut s'etendre juſques au 50e. degré, & puis incontinent après que cette cauſe a ceſſé, & avant que le reflux de l'air élevé par la lune revienne vers les poles, le mouvement de la terre d'Occident en Orient peut faire paroître un vent d'*Eſt* ſeul, qui d'ordinaire ne dure qu'un jour ou deux: car la lune revenant à ſon périgée, pouſſe réciproquement l'air vers les poles; & il ſe fait au commencement un *Sud-Eſt* par la combinaiſon de ce mouvement d'air vers les poles, & de celui qui vient de l'Orient. Le *Sud* prédomine enſuite juſques à ce que le grand mouvement des vents d'Occident qui règnent

gnent juſques au 40e. degré, comme il a été dit, & qui peuvent quelquefois s'étendre à huit ou dix degrez plus loin, s'avançant un peu vers les climats ſeptentrionaux, & ſe melant avec les vents du *Sud*, faſſent le *Sud-Ouëſt*; & le reflux du *Sud* étant ceſſé, le ſeul vent d'*Ouëſt* peut régner juſques à ce que le reflux de l'air, que le *Sud* avoit pouſſé vers le *Nord*, joint à celui qui eſt entraîné par l'elévation ſuivante de la lune vers ſon apogée, & par le petit mouvement dont il a été parlé, faſſe le *Nord* & le *Nord-Eſt*, comme à la nouvelle lune. Cette période & viciſſitude des vents arrive deux fois à chaque mois lunaire. Je l'ai obſervé pendant pluſieurs années; & quoiqu'il y arrive quelques irrégularitez par les combinaiſons des cauſes particulières, j'ai preſque toûjours trouvé que le *Nord-Eſt* régnoit aux nouvelles & pleines lunes, & le *Sud* & l'*Ouëſt* aux quadratures: mais on doit remarquer que comme dans les rivières où le flux de la mer eſt pouſſé bien haut, le reflux commence à ſe faire vers leurs embouchures pendant que le flux monte encore aux endroits les plus éloignés; ainſi le *Nord* ou le *Nord-Eſt* ne ſouffient pas à *Paris* en meme tems que la lune eſt à ſon apogée, & que ce n'eſt qu'après qu'elle s'eſt beaucoup raprochée de la terre. Il eſt encore aiſé de juger, que lorſque la lune eſt vers le Tropique du Capricorne dans ſa plus grande latitude Auſtrale, l'air qu'elle éléve alors ou qu'elle repouſſe, met beaucoup plus de tems à faire ſentir ſon mouvement vers les païs ſeptentrionaux, que lorſqu'elle eſt à ſa plus grande proximité du Pole Boréal, & même que le mouvement peut être trop foible pour s'étendre juſques vers le 50e. degré de latitude Septentrionale. J'ai obſervé quelquefois à *Paris*, que le vent aiant été *Nord-Eſt* 7 ou 8 jours de ſuite, & que les vents du *Sud* devant ſouffler à leur tour, le *Nord-Eſt* régnoit encore par bas: mais il y avoit des nuées fort élevées qui etoient pouſſées en même tems par le *Sud*, mais fort foiblement; ce qui me fit juger que vers le 40e. degré de latitude le *Sud* & le *Sud-Ouëſt* pouvoient être alors aſſez grands pour y régner ſeuls. Il doit arriver auſſi que les élévations inégales de la lune feront des différences conſidérables à l'égard de ces vents, tant pour leurs forces, que pour les jours où ils doivent régner. Il eſt même néceſſaire qu'il arrive beaucoup d'irrégularitez dans ces vents par le mêlange des cauſes particulières dont il a été parlé; mais ces vents doivent être moins irréguliers dans les lieux où il y a peu de montagnes, comme dans l'Iſle de *France* & dans la *Champagne*, que dans les lieux fort montagneux.

Le mouvement des vents n'eſt jamais uniforme, non plus que le courant des rivières, & il s'y fait de la même manière des vagues & des tournoïemens qu'on appelle des tourbillons qui ont de différentes viteſſes. On obſerve dans les grands orages, que dans une largeur d'un quart de lieuë où la plûpart des arbres ont été abattus, il y a des intervalles où il n'y en a point d'abattus, parce que le vent y a été moins violent.

On

On remarque auſſi que tous les vents ſouffient à repriſes & par bouffées; ce qu'on reconnoît même par le ſon des cloches, qu'on entend s'affoiblir ou s'augmenter dans de petits intervalles de tems. En voici les cauſes. Suppoſons qu'un grand vent aiant beaucoup de largeur rencontre vers G des maiſons & de petites éminences, qui le faſſent réfléchir en quelques endroits, & faire des vagues non paralleles, comme A, B, C, D; il eſt évident que le reſſort qu'elles feront par leur rencontre en B, fera aller plus vîte la vague B D, & que celle qui eſt dans la direction G B, choquera enſuite bien plus foiblement l'oreille en *B*. La même choſe doit arriver en tous les autres endroits du vent. TAB. XIII. Fig. 2.

Il arrive quelquefois que lorſqu'un grand vent en rencontre à côté un autre plus foible, ſoit qu'il lui ſoit oppoſé ou non, il emporte l'air qui lui eſt le plus proche, & le fait tourner en rond avec une grande viteſſe; & ce tournoïement d'air, qu'on appelle un tourbillon, s'avance avec le vent le plus fort, & enléve tout ce qu'il enveloppe qui n'a pas beaucoup de peſanteur, comme la pouſſière, les feuilles féches, & même des tas de foin tout entiers, qui vont quelquefois tomber à plus d'un quart de lieuë de diſtance. Ces tourbillons enlévent auſſi quelquefois une grande quantité de l'eau de la mer, qui paroît à ceux qui la voïent de loin, comme une grande colomne d'eau.

On voit un exemple de ces vents qui vont à côté l'un de l'autre en un ſens contraire, dans de certaines cheminées lorſqu'on y fait un grand feu, la chambre demeurant fermée: car l'air raréfié & la flamme qui s'élévent, font ſuivre une partie de l'air de la chambre; & celui qui reſte étant trop dilaté par ce moïen, il faut néceſſairement qu'il en revienne de haut en bas par la cheminée, lequel ramène une partie de la fumée, & la repand par la chambre; & ordinairement la fumée & l'air raréfié montent d'un côté, & l'air peſant deſcend par l'autre avec une partie de la fumée, ce qu'on évite en laiſſant la porte ou une fenêtre à demi ouverte: car l'air qui y entre, ſuit le mouvement de la fumée par la cheminée, & remplit ſuffiſamment la chambre; & s'il y avoit ſeulement un trou d'un pouce de diamétre dans la fenêtre ou dans la porte pour laiſſer entrer l'air du dehors, il s'y feroit un vent ſi grand qu'il éteindroit les chandelles qu'on y expoſeroit.

Lorſque le vent rencontre un obſtacle comme une grande muraille, il change ſa direction, & ſe rabat au-delà de cet obſtacle, comme on le voit dans la figure 3e. de la Table XIII, en laquelle A B repréſente la muraille, & les lignes C A, G H, I L, F B, la direction du vent étant libre. Or il eſt évident que l'air ſe met en reſſort entre A & B, & que ne pouvant s'étendre vers en-bas, il s'étend du côté de C A, comme juſques à D E; & l'air qui eſt vers R aiant peu de mouvement, celui qui eſt en D E M, y eſt pouſſé par celui qui eſt plus haut de M en N, comme on le voit arriver à l'eau, au-delà des piles des ponts où elle eſt fort rapide. TAB. XIII. Fig. 3.

De-là il s'enſuit, que ſi du côté que vient le vent, il y a une muraille plus haute qu'une cheminée, la fumée en ſort difficilement, parce que le vent rabat en tourbillon après avoir paſſé la muraille, & entre avec force dans le tuyau de la cheminée; & quand même le mur ſeroit de niveau avec la cheminée, & un peu éloigné, il feroit à peu près un ſemblable effet, comme on le peut juger par la figure 4e. en laquelle AB marque la direction du vent, BC eſt le mur oppoſé à cette direction, DE ſont deux tuyaux de cheminée à même hauteur que le mur. Le vent qui rencontre le mur, eſt repouſſé comme en F G, & n'entre point dans la cheminée D; au contraire il entraîne avec violence la fumée qui en ſort: mais le vent ſuperieur A B qui conſerve ſa violence le rencontrant en G, le fait aller en tourbillon, & lui donne le mouvement en rond G H E, & par conſequent il ſe rabat dans la cheminée E, & empêche la fumee d'en ſortir. Que ſi le vent frappe obliquement la muraille qui eſt au-devant des cheminées, la fumee montera aſſez librement: car la partie du vent A B ſe reflechira par le côté, & ne s'élevera point ou fort peu; & par conſéquent il ne fera point de tourbillon conſidérable qui rabatte les fumées.

TAB. XIII. Fig. 4.

La diverſité des vents qui regnent en même tems en différents endroits, procéde de pluſieurs cauſes.

La première eſt, que les vents vont toûjours par un grand cercle; d'où il eſt aiſé de juger, que ſi un même vent d'*Oüeſt* ou *Sud-Oüeſt* faiſoit le tour de la terre, il paroîtroit fort différent dans les lieux fort éloignés les uns des autres.

La ſeconde cauſe eſt, qu'un grand vent ſouffiant en un endroit entraîne l'air qui eſt deçà & delà en le pouſſant un peu à côté, comme l'on voit que dans les rivières, lorſque le milieu va très-vite, il pouſſe des vagues un peu obliquement vers les rivages.

La troiſième cauſe eſt, lorſque dans deux endroits de la terre éloignés l'un de l'autre d'environ 100 lieuës, il ſe fait une grande élevation de vapeurs & d'exhalaiſons qui pouſſent l'air en circonférence, ſoit en même tems, ſoit dans l'intervalle de quelques heures, il s'étend néceſſairement deux vents contraires de l'un de ces lieux vers l'autre, leſquels s'étant rencontrés refluent des directions oppoſées.

La quatrième cauſe eſt la rencontre des hautes montagnes, qui font réfléchir les vents, & leur font ſuivre leurs directions. On en voit un exemple dans le lac de *Genève*, qui s'étend entre deux rangs de hautes montagnes par l'eſpace de douze grandes lieuës depuis *Genève* juſques à *Lauzane*: car il n'y règne preſque jamais que deux vents, qui ſe ſuccédent l'un à l'autre, & vont ſelon la direction du lac; qui pourroient meme aller l'un contre l'autre vers le milieu du lac, s'il faiſoit un vent à *Genève* qui fût un peu oblique à la direction des montagnes, & un autre à *Lauzane* qui fût oblique en un autre ſens, comme ſi E F, I H ſont les vents, A B C D les montagnes; car E F ſe reflechiſſant en F G, &

TAB. XIII. Fig. 5.

Digitized by Google

& IH en HL, ces vents ſeroient contraires vers MN.

La même choſe arrive au port d'*Ambleteuſe* proche de *Calais*, où l'*Ouëſt-Sud-Ouëſt* ſouffle environ les trois quarts de l'année, à cauſe que les côtes d'*Angleterre* & celles de *France*, qui leur ſont oppoſées en cet endroit, ont cette direction; & à dix lieuës de-là il peut faire un vent de *Sud-Eſt* ou de *Nord*.

J'ai fait faire des obſervations près de la verrerie de *Cherbourg*, leſquelles m'ont fait connoître qu'il n'y règne que deux vents oppoſés qui ſe ſuccedent alternativement, ſçavoir le NE & SO; ce qui arrive par la même cauſe des directions de quelques montagnes.

Monſieur *Varin*, qui a fait des obſervations en l'Iſle de la *Gorée* proche le *Cap-Verd*, m'a aſſûré que le vent de *Nord-Ouëſt* y règne ſouvent au lieu des vents d'Orient; ce qui procéde de ce qu'il y a de hautes montagnes à une lieuë de diſtance de cette Iſle du côté du *Nord-Ouëſt*, qui réfléchiſſant vers elle les vents Alizez, *Eſt* ou SE, y font ſentir un *Nord-Ouëſt* lorſque ces mêmes vents Alizez ſe font ſentir en même tems à dix lieuës au-delà de cette Iſle en pleine mer. J'ai encore appris par pluſieurs relations, que quand des vaiſſeaux paſſent le long des côtes de *Gênes*, où il y a de très-hautes montagnes, dont quelques-unes ont entre elles de longues vallées, qui ont leur direction vers la mer; on ſent un vent conſiderable qui vient des terres vers les vaiſſeaux quand ils ſont vis-à-vis de quelqu'une de ces vallées.

J'ai connu encore de grandes diverſitez de vents en même tems par les obſervations faites à *Varſovie* en *Pologne* par M. *Defnoyers*, & à *Abordon* en *Ecoſſe* par M. *Gregori*, en les comparant à celles que je faiſois à *Paris* en même tems: car ſouvent les vents y ſont différents de ceux de *Paris* de la huitième partie de la bouſſole; comme ſi le vent eſt SO à *Paris*, il ſera *Ouëſt* à *Abordon*. Les vents ſont quelquefois oppoſés à *Paris* & à *Varſovie*; le vent etant un jour *Sud-Ouëſt* à *Paris* il étoit *Nord-Eſt* à *Varſovie*; ces villes ſont ſituées à peu près OSO, & *Eſt-Nord-Eſt* à l'égard l'une de l'autre: d'où il s'enſuit que ces vents s'étoient preſque rencontrés directement en quelque endroit de l'*Allemagne* proche de la *Pologne* ou de la *France*. J'ai encore remarqué cette oppoſition de vent en un même endroit en faiſant voïage, par le moïen de beaucoup de neige qui étoit tombée la nuit; car on voïoit qu'elle avoit été pouſſée dans l'eſpace d'une lieuë par un *Sud-Eſt*, que dans la lieuë ſuivante il y avoit eu un calme, & que dans les trois ou quatre lieuës ſuivantes, la neige avoit été pouſſée par un *Nord-Ouëſt*; ce que je connoiſſois aiſément aux tiges & aux groſſes branches des arbres qui n'avoient de la neige que du côté d'où le vent étoit venu.

J'ai remarqué encore un ſemblable effet par des obſervations faites en même tems à *Paris*, à *Loches*, & au Mont de *Maſſan* en *Gaveme*; car un *Sud-Sud-Ouëſt* aiant régné trois jours le fait en ces trois lieux qui ſont dans la direction à peu près de SSO au *Nord-Nord-Eſt*, il ſe fit

Digitized by Google

un *Nord-Nord-Eſt* à *Paris*, le SSO régnant encore à *Loches* & au Mont de *Marſan*: le lendemain le *Nord-Nord-Eſt* étoit à *Loches* & à *Paris*, & SSO au Mont de *Marſan*; & enfin le troiſième jour, le *Nord-Nord-Eſt* ſouffloit en ces trois villes: d'où je connus manifeſtement que les vents ſe repouſſent quelquefois les uns les autres, & que le plus fort emporte celui qui lui eſt oppoſé. Dans les mêmes obſervations correſpondantes, j'ai remarqué qu'un vent d'*Ouëſt* violent aiant régné à *Loches*, il y faiſoit en meme tems à *Paris* un *Ouëſt-Sud-Ouëſt*, & un *Ouëſt-Nord-Eſt* au Mont de *Marſan*; ce qui ſe rapporte à la ſeconde cauſe de la diverſité des vents.

J'ai reconnu ſouvent une grande diverſité de vents en même tems dans un même lieu, lorſqu'il y avoit deux ou trois étages des nuées; ce qui ſe peut expliquer en ſuppoſant que les nuées élevées ſont ordinairement pouſſées par les vents de Midi, & que les plus baſſes ſont pouſſées par le Nord: car quand cela arrive en meme tems, les nuées du premier & du deuxième étage doivent aller en un ſens contraire, & cela n'empêche pas que des nuées beaucoup plus élevées ne puiſſent être pouſſées par un vent d'Orient qui régne toûjours quand il n'eſt point empêché par d'autres cauſes, ou par un vent d'*Ouëſt* produit par la troiſième cauſe principale, ou par quelqu'autre cauſe particulière.

Pour bien remarquer cette diverſité de mouvement des nuées, il faut regarder la pointe de quelque clocher, ou quelque autre objet fixe fort élevé, afin de pouvoir comparer les divers mouvemens des nuées ſupérieures & inférieures. Car autrement on pourroit croire que deux nuées différemment éloignées de la terre, iroient ſelon des directions oppoſées, quoiqu'elles fuſſent portées du meme côté; parce que les ſupérieures paroiſſent aller plus lentement que celles qui ſont au-deſſous quoiqu'elles aillent auſſi vîte, & cette apparence de retardement pourroit faire juger qu'elles iroient en un ſens oppoſé. On peut ſuppoſer que le vent d'Orient n'eſt proprement qu'une apparence de vent, puiſque le mouvement de l'air va du même côté que la ſurface de la terre.

Cette contrariété des vents en un meme lieu dans différentes élévations de l'air, peut procéder de ce qu'un grand vent qui eſt porté le long d'une vallée, & qui par conſéquent a peu de largeur & d'élévation, en peut rencontrer une autre qui occupe dans l'air un eſpace beaucoup plus grand; & alors le vent inférieur peut forcer une partie de l'autre, ſçavoir celle qui eſt proche de la terre, lui laiſſant ſon cours libre dans le haut de l'air où ſont les nuées élevées: mais quand deux vents contraires ſont également forts & de même largeur & hauteur, ils s'arrêtent l'un l'autre & font un calme à l'endroit de leur rencontre, & y aiant amaſſé beaucoup d'air ils le preſſent & le mettent en reſſort; d'où il arrive que cet air, pour ſe mettre en liberté, reflue de part & d'autre, & fait deux autres vents contraires qui ont leur origine en cet endroit.

S'H

Digitized by Google

S'il fait un vent de *Sud* en hiver qui vienne de loin, il peut pouſſer des nuées fort élevées, parce que ſouffiant en ligne droite ſelon une tangente, il s'eloigne de la terre de plus en plus en s'avançant; & enfin aiant beaucoup condenſé l'air ſupérieur, le reſſort de cet air peut faire un vent de *Nord* proche de la terre qui pouſſera de la pluie ou de la neige; ce que j'ai vû arriver pluſieurs fois. On pourra expliquer de même tous les vents qui règnent par toute la terre par ces différentes cauſes, tant générales que particulières.

A l'égard des orages & des grandes tempêtes, il eſt difficile de les expliquer par des cauſes ordinaires. On remarque que lorſqu'en Eté il fait des pluies épaiſſes & à groſſes goutes, elles ſont toûjours accompagnées d'un vent très-violent qui les précéde de quelques ſecondes, & que ſa violence ceſſe auſſi-tôt que la nuée eſt paſſée. J'explique ces orages, dont quelques-uns ſont capables de renverſer des arbres & enlever les toits des maiſons, en la manière ſuivante:

Lorſque deux vents aſſez larges inclinés l'un à l'autre de 15 ou de 16 degrez viennent de loin, & qu'aiant ramaſſé & pouſſé devant eux toutes les vapeurs qu'ils rencontrent, & en aiant formé chacun une nuée épaiſſe, ils viennent à ſe rencontrer; ils condenſent l'air dans le lieu de leur rencontre, & le mettent en un grand reſſort, & ſelon les régles de la percuſſion ils le font aller plus vîte d'un tiers à peu près que chacun d'eux. Suppoſant donc que ces vents aillent d'une viteſſe à faire 24 pieds en une ſeconde, qui eſt la viteſſe ordinaire des vents incommodes, & contre leſquels on a peine d'aller; le vent compoſé des deux ira avec une viteſſe à faire 32 pieds en une ſeconde, & la nuée épaiſſe qu'ils pouſſent étant élevée d'une demi lieuë ou d'un quart de lieuë, les goutes de pluie qui s'y forment, ſont groſſes d'environ trois lignes de diamétre, & acquiérent leur viteſſe complette à pouvoir faire 32 pieds par ſeconde après 100 pieds de deſcente, comme il a été expliqué à la fin du *Traité de la Percuſſion*. Chaque goute entraîne en tombant depuis la hauteur de la nuée deux ou trois fois autant d'air qu'elle eſt groſſe; ce qui ſe prouve par l'expérience d'une petite balle de plomb qu'on laiſſe tomber dans un ſeau d'eau: car dès qu'elle a touché le fond, il s'en éléve deux ou trois bulles d'air auſſi groſſes qu'elle, leſquelles ne peuvent procéder que de l'air qui la ſuit juſques au fond de l'eau. Or l'on ſçait que dans beaucoup de lieux on ſe ſert de certains ſoufflets pour faire fondre la mine de fer dans les fourneaux par la ſeule chûte de l'eau; ce qui ſe fait ainſi: On a un tuyau de bois ou de fer blanc de 14 ou 15 pieds de hauteur & d'un pied de diamétre, qui eſt ſoudé dans une médiocre cuve renverſée, dont le bas eſt poſé ſur un terrain, en ſorte que pour peu d'eau qui y tombe, elle ferme les ouvertures, & l'air n'y peut plus paſſer: on laiſſe au haut du tuyau une ouverture de trois ou quatre pouces de diametre, dans laquelle on met un entonnoir, dont le goulet eſt de la même groſſeur; & on y fait tomber de 15, 20, ou 30 pieds de

hauteur l'eau de quelque fontaine, dont la largeur en tombant eſt à peu près égale à l'ouverture de l'entonnoir, en ſorte qu'il ne peut s'y amaſſer de l'eau que de 5 ou 6 pouces de hauteur. Cette eau tombant entraîne avec elle beaucoup d'air, qui la ſuit juſques au-deſſous de l'entonnoir, & même juſques au fond de la cuve, lequel ne peut reſſortir par l'entonnoir à cauſe de la peſanteur de l'eau qui continue de tomber, & de la viteſſe de ſon mouvement: on met à côté de la cuve un tuyau qui va en étréciſſant juſques auprès du trou du fond du fourneau, où le charbon doit être ſouffié; & l'air preſſé & enfermé dans la cuve, ne pouvant ſortir par en-haut à cauſe de la chûte impétueuſe de l'eau qui occupe le trou de l'entonnoir, ni par en-bas à cauſe de l'eau qui s'y amaſſe, & qui s'éléve d'un pied ou de deux par-deſſus les fentes qui reſtent entre la terre du fond & les douves de la cuve, il eſt contraint de ſortir avec une trés-grande force par le bout du canal, de maniére qu'il fait le même effet pour ſouffler le charbon, que les plus grands ſouffiets de cuir dont l'on ſe ſert ailleurs. Il doit donc arriver que l'eau qui tombe de la nuée en groſſes goutes & en grande abondance, entraînant beaucoup d'air, comme il a été prouvé, cet air ne peut remonter quand il eſt proche de la-terre, à cauſe des autres goutes qui tombent avec impétuoſité: il ne peut auſſi s'etendre vers le derriére de la nuée, parce qu'il eſt ſoûtenu par le grand vent qui la chaſſe; ni même par les côtez ou fort peu, parce que le même vent preſſe la nuée par les deux côtez. Il reſte donc que tout ſon effort ſe faſſe vers le devant de la pluie, & que cet effort joint à celui du vent qui emporte la nuée, ſoit environ deux fois plus vite que le vent qui la pouſſe, & que ce vent augmente faſſe plus de 60 pieds en une ſeconde; alors il peut renverſer des arbres, comme on le prouvera enſuite. Il ne peut précéder la pluie que d'environ trois ou quatre cent pas pour l'ordinaire, par la raiſon qui a été dite, qu'un eſpace d'air de telle viteſſe qu'il ſoit pouſſé, ne peut continuer ſon mouvement bien loin en ligne droite ſi la cauſe de l'impulſion ceſſe. Je me ſuis confirmé dans cette hypothèſe en voïant d'un lieuë de diſtance une nuée épaiſſe d'où il tomboit de la pluie: car du côté d'où venoit le vent, les goutes tomboient preſque toutes droites: mais dans le milieu & juſques aux premiéres goutes, elles faiſoient un angle de plus de 45 degrez comme en la figure 6e, à laquelle A B eſt la nuée, B D le côté d'où vient le vent, & G H les goutes les plus avancées.

TAB. XII I. Fig. 6.

La même choſe doit arriver par la grele; & même ſi elle étoit fort épaiſſe, & les grains fort gros, ils entraîneroient davantage l'air du haut en bas, & feroient une tempête encore plus impétueuſe, dont la viteſſe pourroit être de 75 pieds par ſeconde. Les grands vents qui ſe font ſans pluie, peuvent procéder de la combinaiſon de trois ou quatre cauſes, & ils viennent ordinairement du *Sud-Sud-Oüeſt*. Il peut donc arriver qu'en même tems il s'éléve une trés-grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons dans l'*Affrique*; qu'il y faſſe trés-chaud trois ou quatre

tre jours de ſuite; que les terres ſeptentrionales ſe refroidiſſent; & que la lune deſcendant vers ſon périgée de ſon plus haut apogée, il ſe faſſe un reflux de l'air qui a été porté par un *Nord-Eſt*: ces quatre cauſes enſemble feront un vent aſſez impétueux qui régnera ſucceſſivement depuis l'*Affrique* juſques en *Angleterre*.

J'obſervai un jour une grande tempête à *Paris* venant du *Sud*, & j'appris enſuite par des relations aſſûrées, que deux ou trois jours auparavant il s'étoit fait un furieux orage vers les côtes d'*Alger*: cette ville eſt à peû près dans le même Méridien que *Paris*; ſi ce vent faiſoit 30 pieds par ſeconde, il pouvoit arriver en deux jours d'*Alger* à *Paris*. Pour expliquer les ouragans qu'on ſent preſque tous les ans dans quelques-unes des Iſles *Antilles*, il faut avoir recours à quelques autres cauſes: 1°. parce que ces tempêtes ſont beaucoup plus violentes, & font plus de 100 pieds en une ſeconde: 2°. qu'elles ne durent que ſept ou huit heures: 3°. qu'elles ne ſe font guéres ſouvent ailleurs, que dans quelques-unes de ces Iſles: 4°. qu'elles commencent ordinairement par un *Nord-Ouëſt*, qui ſe change ſucceſſivement en d'autres vents, ſçavoir l'*Ouëſt*, le *Sud-Ouëſt*, le *Sud*, le *Sud-Eſt*, le *Nord-Eſt*, & le *Nord*: 5°. qu'on trouve dans les mers voiſines de ces Iſles quantité de poiſſons morts, & qu'on y ſent des tremblemens de terre. De toutes leſquelles circonſtances on peut conjecturer, que de la terre qui eſt au fond de ces mers, il ſe fait des éruptions d'exhalaiſons ſalpétreuſes & ſulfurées en pluſieurs endroits ſucceſſivement qui ne peuvent etre remarquées, parce que les vaiſſeaux qui ſe trouveroient en ces endroits, ſeroient ſubmergés: & il peut arriver que les premières éruptions s'étant faites du côté des terres du continent de l'*Amérique*, le vent qu'elles excitent du *Nord-Ouëſt*, peut ſe réfléchir contre les côtes de la *Cayenne*, & celles qui en ſont voiſines; & s'y faiſant en même tems de nouvelles éruptions, les premières aiant ceſſé, le vent doit augmenter & venir du côté de l'*Ouëſt*, comme l'aſſûrent ceux qui en ont ſenti les effets, & ces éruptions de feux & d'exhalaiſons ſalpétreuſes & ſulfurées doivent faire mourir quantité de poiſſons aux endroits où elles s'élévent. Ceux qui auront vû pluſieurs de ces ouragans, & qui en auront remarqué beaucoup d'autres circonſtances, pourront les expliquer avec plus de certitude.

SECONDE PARTIE.

DE L'ÉQUILIBRE DES CORPS FLUIDES.

PREMIER DISCOURS,

De l'Equilibre des Corps Fluides par la peſanteur.

Pour bien expliquer l'équilibre des corps fluides entre eux ou avec les autres corps, on peut ſe ſervir des régles ſuivantes:

I. RÉGLE.

UN corps ne réſiſte à être élevé de bas en haut, que ſelon qu'on l'éloigne du centre de la terre, & on peut mouvoir un corps très-peſant avec une très-petite force, ſi on ne lui fait point changer de diſtance à l'égard de ce même centre.

L'expérience s'en fait en cette ſorte:

Aïez un grand baquet plein d'eau dans un lieu fermé où il ne faſſe point de vent: faites nager ſur la ſurface de l'eau le vaiſſeau G grand & peſant, & y attachez un très-petit fil de ſoie H I, & le tirez en ſorte qu'il ne ſe rompe pas, c'eſt-à-dire, avec très-peu de force; le vaiſſeau G ſuivra le filet: & quoiqu'il ſe faſſe de petites vagues dans l'eau du baquet, & qu'il faille un peu de force pour la diviſer; cela n'empêchera pas que le vaiſſeau n'aille aſſez vîte quand il ſera proche du point D, ſi on accélére peu à peu ſon mouvement. Il eſt vrai que ſi on vouloit donner d'abord une viteſſe conſidérable au vaiſſeau G, on romproit le filet, & même une corde aſſez forte, preſque de même que ſi elle étoit attachée à un corps inébranlable; parce qu'un corps fort peſant ne peut recevoir un grand mouvement tout à coup que par une très-grande force.

TAB. XIII. Fig. 7.

On confirmera encore cette vérité, ſi on ſuſpend un très-grand poids à une longue corde en un lieu ouvert; car le moindre vent lui donnera du mouvement, quoiqu'il ne puiſſe ſe mouvoir ſans s'éloigner un peu plus du centre de la terre que quand il eſt en repos. De-là on voit la raiſon pourquoi il eſt facile de ſoûtenir une boule comme D très-peſante

TAB. XIII. Fig. 8.

Digitized by Google

te ſur un plan fort incliné, comme A B: car étant traînée ou pouſſée depuis A juſques à B, elle ne s'éléve à l'égard du centre de la terre, que de la ligne B C, qu'on ſuppoſe perpendiculaire à la ligne horiſontale A C; au lieu que ſi on l'avoit élevée perpendiculairement en même tems juſques à une hauteur égale à A B, elle auroit agi par toute ſa peſanteur, & il auroit falu une force beaucoup plus grande pour l'élever.

II. RÉGLE.

SI deux corps ſans reſſort de même matière ſe choquant horiſontalement & directement ont leurs quantitez de mouvement égales, c'eſt-à-dire, ſi leurs viteſſes ſont réciproques à leurs groſſeurs, au moment du choc ils feront équilibre: on ſuppoſe, que les corps d'une même matière ont leurs poids proportionnés aux quantitez de leurs matières.

Suivant cette régle, ſi un poids de deux livres allant avec une viteſſe de quatre degrez en rencontre directement & horiſontalement un autre de quatre livres qui ait deux degrez de viteſſe, ils s'arrêteront l'un l'autre, & feront équilibre. Mais ſi le premier de deux livres va ſix fois plus vîte qu'un autre de dix livres, il l'emportera; car le produit de 2 par 6, qui eſt douze, eſt plus grand que le produit de 10 par l'unité; on ſuppoſe que ces poids s'attachent enſemble en ſe rencontrant. De-là on prouve facilement le principe de Méchanique, qui a été mal prouvé par *Archiméde*, par *Galilée*, & par pluſieurs Auteurs; ſçavoir, que lorſqu'en une balance les poids ſont réciproques à leurs diſtances du centre de la balance, ils ſont équilibre. Car ſoit la balance B A C; A le centre du mouvement; A C quadruple de A B; le poids B quadruple du poids C. Je dis que l'un des poids n'emportera pas l'autre: car que le poids B, s'il eſt poſſible, emporte l'autre: or il ne peut ſe mouvoir avec quelque viteſſe que ce ſoit par l'arc B D en deſcendant, qu'il ne faſſe aller le poids C 4 fois plus vîte par l'arc C E, puiſque le demi diamétre A C eſt quadruple du demi diamétre A B, & alors les quantitez de mouvement de ces deux corps ſeroient égales, & une quantité de mouvement en auroit forcé une qui lui ſeroit égale; ce qui eſt impoſſible, puiſqu'elles doivent faire équilibre par cette ſeconde régle. Par la méme raiſon le poids C ne pourra deſcendre: mais ſi on l'éloigne un peu plus du point A, il deſcendra; car alors il pourra donner à l'autre poids une moindre quantité de mouvement que celle qu'il prendra, & par conſéquent il le forcera. Et c'eſt une choſe aſſez étrange que le poids B étant de trente livres & le bras A B d'un pied, on ne pourra ſoûtenir ce poids en mettant la main deſſous, & qu'on ſoûtiendra facilement le poids d'une livre à 31 pieds du point A, ſi le poids B eſt ôté; car il n'aura que le poids d'une livre quand même on le mettroit à 100 pieds de diſtance du point A: & cependant ſi l'on met

TAB. XIII. Fig. 9.

en même tems le petit poids à 31 pieds de diſtance du point A, & le gros à un pied, le petit emportera le grand; ce qui ne peut arriver que parce qu'il eſt diſpoſé à donner en deſcendant une moindre quantité de mouvement au poids B que celle qu'il prend, & qu'ils agiſſent tous deux de toute la force de leurs poids par la première régle, parce qu'ils ont une meme direction vers le centre de la terre.

III. RÉGLE.

Lorſque deux poids n'ont pas la même direction vers le centre de la terre, & qu'ils ſont diſpoſés en ſorte que l'un ne puiſſe ſe mouvoir, qu'il ne faſſe mouvoir l'autre auſſi vîte; il ne faut pas eſtimer la force de chacun par ſa ſimple quantité de mouvement, mais par une quantité de mouvement reſpective, qui ſe trouve en multipliant chaque poids par ſa viteſſe à l'égard de ſon approche ou de ſon recul du centre de la terre.

EXPLICATION.

TAB. XIII. Fig 10. A eſt un poids ſuſpendu à la poulie B par EBA, qui ſoûtient auſſi la boule CD par le moïen de deux cordelettes attachées à l'eſſieu de la boule, & au point E de la corde ABE. HG eſt une ligne horiſontale. HF eſt perpendiculaire. EB eſt parallele au plan incliné GF repréſenté par la ligne GF. Il eſt manifeſte que la boule eſt diſpoſée à aller auſſi vîte que le poids A, ſoit que le poids A deſcende, ou que la boule en deſcendant le faſſe monter; mais lorſqu'elle aura parcouru l'eſpace FG en deſcendant obliquement; elle ne ſe ſera approchée du centre de la terre que de la diſtance FH: on conſidére tous les points de la ligne HG de deux ou trois pieds de longueur, comme s'ils étoient également diſtans du centre de la terre, à cauſe que la difference en eſt inſenſible. Afin donc de ſçavoir les forces de ces poids ou leurs quantitez reſpectives de mouvement, il faut multiplier le poids de la boule CD par la longueur FH, & celui de la boule A par une longueur égale à FG, puiſque cette dernière boule fait autant de chemin en montant ou en deſcendant que la boule CD, & qu'elle va directement vers le centre de la terre. Or ſi FG eſt triple de FH, & que le poids de CD ſoit triple du poids A, on verra qu'il ſe fera équilibre entre ces poids; ce qui procéde des cauſes expliquées dans les deux premières régles. Que ſi l'on ajoûte quelque petit poids ou au poids A, ou au poids B, il deſcendra & fera monter l'autre faiſant abſtraction du frottement de la poulie & de l'eſſieu. On expliquera de même les équilibres qui doivent arriver quand le plan FG ſera plus ou moins incliné, en y appliquant les mêmes régles, leſquelles on pourra appeller principes d'expérience ou loix de la nature.

TAB. XIII. Fig. 11. Que ſi les poids comme A & B, en la figure 11, ſont ſur des plans dif-

différemment inclinés, comme CD, CF; DF étant ſuppoſée horiſontale & CG perpendiculaire à DF; il faudra pour faire l'équilibre que le poids B ſoit au poids A comme la ligne CF à la ligne CD, & on le prouvera par les mêmes régles. Car ſi FH eſt priſe égale à CD & qu'on tire HI parallele à CG, il eſt manifeſte que pendant que le poids B iroit de F en H, le poids A iroit de C en D. Donc CG ſeroit la meſure de la viteſſe du poids A à l'égard du centre de la terre, & HI celle du poids B allant de F en H en même tems. Mais comme FC à FH, ainſi CG à HI; & par la troiſième régle le poids B doit être au poids A, comme CG à HI, c'eſt-à-dire, comme FC à CD pour faire l'équilibre. Et par conſéquent ces poids ainſi diſpoſés s'arrêteront l'un l'autre.

La même choſe arrivera à des poids attachés aux extrémitez des rayons d'une roue: c'eſt-à-dire, qu'afin que le poids A ſitué à l'extrémité du rayon KA faſſe équilibre avec le poids B, la ligne AK étant horiſontale & la ligne BK élevée de ſoixante degrez ſur AKF; il faut que le poids B ſoit double du poids A. Car la ligne BF étant tirée perpendiculaire au rayon KB juſques à ce qu'elle rencontre la ligne AKGF, le plan BF ſera élevé de 30 degrez, & la perpendiculaire BG ne ſera plus que la moitié de BF. Donc le mouvement du poids B vers F ſe faiſant au commencement ſelon la tangente BF, ne s'avancera vers le centre de la terre que de l'eſpace BG, moitié de BF: au lieu que le poids A aura ſa direction ſelon la tangente MAH, perpendiculaire à AKF, laquelle s'éloigne directement de ce centre; & par conſéquent il ſera diſpoſé à aller deux fois plus vîte à l'égard de ce même centre que le poids B. Mais comme FB, à BG, ainſi le rayon KB ou AK, à KG. Donc le poids B ſera le même effet à l'égard du poids A, que s'il étoit en G; c'eſt-à-dire, que ſi AK eſt la meſure de la viteſſe du poids A, KG ſera la meſure de la viteſſe du poids B. Mais AK eſt double de KG, comme FB eſt de BG. Donc le poids A ſera réciproquement au poids B comme KG à KA, & par la 2e. & 3e. régle ces poids ainſi diſpoſés feront équilibre, & l'un ne forcera pas l'autre. TAB. XIII. Fig. 12.

La même choſe arrivera à des puiſſances qui étant attachées aux extrémitez des rayons égaux d'une roue tireront obliquement ou directement. Car ſoit au point L dans la ligne BG continuée directement en L une puiſſance tirant par la corde LB attachée en B ſelon la direction BL; & une autre puiſſance en M, tirant ſelon la tangente AM par la corde AM attachée au point A. Si ces puiſſances ſont égales, elles ne feront point équilibre: mais la puiſſance en M forcera l'autre, & pour faire équilibre il faudra que la puiſſance en L ſoit à la puiſſance en M comme la ligne AK à la ligne KG; ce qui procéde de ce que la puiſſance en L ne fait point venir à ſoi directement le point B, mais il va ſelon la tangente BF au commencement du mouvement, & qu'en même

même tems la puiſſance en M va directement ſelon la tangente HAM. Or ſi l'on ſuppoſe BN indéfiniment petite dans la tangente BF, & que NQ ſoit perpendiculaire à BL, il eſt évident que le point B étant en N, le point L ſera venu en P, ſi NP eſt parellele & égale à BL; & LR & QN étant paralleles à AF, RP ſera égale à BQ, & LP à BN. Or la puiſſance attachée au point M ſe ſera avancée ſelon la direction d'effort AM d'une ligne égale à BN ou LP, & la puiſſance en L ne ſe ſera avancée en même tems ſelon la direction d'effort BL ou NP, que de la ligne RP qui n'eſt que la moitié de BN ou LP, comme BG n'eſt que la moitié de BF. Donc il faudra pour faire équilibre entre les deux puiſſances, que celle qui eſt au point L, ſoit double de celle qui eſt au point A, celle-ci tirant ſelon la tangente HAM, & l'autre ſelon la direction BL, qui fait un angle de 30 degrez avec le rayon KB, de même qu'il faut que le poids B ſoit double du poids en A, afin qu'ils faſſent équilibre.

De ces trois principes d'expérience on tire une régle générale pour toutes les forces mouvantes. Cette régle ou principe univerſel eſt tel.

PRINCIPE UNIVERSEL DE LA ME'CHANIQUE.

Lorſque deux poids ou deux autres puiſſances ſont diſpoſées en ſorte que l'une ne puiſſe ſe mouvoir qu'elle ne faſſe mouvoir l'autre, ſi l'eſpace que doit parcourir un des poids ſelon ſa direction propre & naturelle, eſt à l'eſpace que doit parcourir l'autre en même tems ſelon ſa direction propre & naturelle, réciproquement comme ce dernier poids eſt au premier; il ſe fera équilibre entre les deux poids: mais ſi l'un des poids eſt en plus grande raiſon à l'autre, il le forcera.

On peut prouver par ce principe un effet ſurprenant qu'on ne peut pas prouver facilement par d'autres hypothèſes: ſçavoir, que s'il y a pluſieurs bras égaux attachés à un même eſſieu A, comme AB, AC, & qu'on mettre un poids E ſur le bras AB, & un autre *b* ſur le bras AC au point F, en ſorte que les diſtances AE, AF ſoient égales, le poids en F étant rond & non attaché au point F, de manière qu'il puiſſe rouler de F en C, mais qu'il en ſoit empêché par une glace de verre GC*g* très-polie ſituée perpendiculairement; alors pour faire l'équilibre il faudra que le poids E ſoit beaucoup plus grand que le poids *b*, ſçavoir en la raiſon de AE à AH, ſi HF eſt une ligne perpendiculaire à BAGK; ce qui eſt le contraire de ce qui arrive quand le poids F eſt attaché au plan incliné AFC, car il faut alors pour l'équilibre que le poids F ſoit plus grand que le poids E en la même raiſon de EA à AH, comme il a été expliqué dans la figure précédente.

TAB. XIII. Fig. 31.

Pour prouver ce paradoxe, ſoit tirée la ligne *f b e* horiſontale paſſant par le centre de la boule *b*; il eſt évident que le point *e* eſt plus haut

que

que le point d'appui F, & que *b e* eſt un peu plus grande que le demi diamétre *b f*. Mais pour faire cette démonſtration, on ſuppoſe le triangle F *b d* indéfiniment petit, & le point F joint au point *e*, & que la perpendiculaire F *b* paſſe par ce point. Or la boule *b* en deſcendant fera tourner en rond le point C par l'arc C *d*; & ſi *d g* eſt égale au diamétre de la boule, le même bras ſera en la ſituation A *b d* lorſque le diamétre de cette boule ſera arrivé en *d g*, & le point d'appui F aura décrit l'arc F *b* en même tems que le centre de la boule ſera deſcendu par un eſpace égal à *e d*. Mais, ſi à cauſe de la petiteſſe de l'arc on prend l'arc F *b* pour ſa tangente, on aura le triangle F *b d* ſemblable au triangle A H F, & *d* F ſera à F *b* comme F A ou E A à A H. Et parce que le poids E ne s'éléve qu'à proportion de la ligne F *b*, l'eſpace paſſé par la boule en deſcendant directement depuis le point F juſques à *d* ſera à l'eſpace paſſé en même tems par le poids E en remontant directement, comme A E à A H. Donc le poids E pour faire l'équilibre doit être au poids *b* comme E A à A H par le Principe univerſel. Et parce que la boule tombe encore d'un peu plus haut que le point F, ſçavoir du point *e*; il s'enſuit que les poids étant ſelon cette raiſon, le poids *b* deſcendra, & fera élever le poids E; ce que j'ai trouvé conforme à l'expérience: car aiant diſpoſé le bras A C en ſorte qu'il faiſoit un angle de 60 degrez avec le bras horiſontal A H K, j'obſervai que le poids *b* étant double du poids E, il faiſoit équilibre avec lui quand je l'avois arrêté pour l'empecher de rouler; mais l'aiant laiſſé libre après avoir mis une glace de miroir repréſentée par C G pour l'empecher de rouler à côté, il falut mettre le poids double en E, & le ſimple en *b* pour faire l'équilibre, & meme ajoûter un petit poids en E. On prouvera par les mêmes raiſons, que ſi l'angle K A C étoit de 45 degrez, il faudroit pour faire l'équilibre, que le poids E fût le plus grand en la raiſon de la diagonale d'un quarré à ſon côté. On ne conſidére point ici que le centre de la boule F eſt un peu à côté du point d'appui.

Ces choſes étant ſuppoſées, on peut expliquer aſſez bien les équilibres des corps fluides.

Le plus léger, c'eſt-à-dire, le moins peſant, des corps fluides eſt la flamme: mais parce qu'elle s'éléve dans l'air, & qu'elle ne ſe tient pas étendue ſur quelques autres corps; elle ne peut faire d'équilibre par ſon poids, mais ſeulement par ſon choc & par ſon reſſort.

L'air qui s'étend au-deſſus de la terre & de l'eau, peut faire équilibre par ſon poids, par ſon choc, & par ſon reſſort, avec les autres corps fluides plus groſſiers, & même avec les corps fermes & durs. On prouve la peſanteur de l'air par les effets du barométre: c'eſt un tuyau étroit de verre, de deux pieds & demi ou de 3 pieds de longueur, ſcellé hermétiquement par un bout; on l'emplit de mercure ſans y laiſſer aucun air, & l'on ferme l'autre bout avec le doigt; & après avoir tourné en-haut le bout ſcellé, on trempe le doigt dans d'autre mercure mis dans

un vaiſſeau; on ôte le doigt qui ſoûtenoit le mercure du tuyau, & alors il en tombe une partie dans le vaiſſeau, & après quelques balancemens il s'arrête enfin dans le tuyau à la hauteur de 27 ou 28 pouces; car ſelon les changemens des vents & de l'air, il monte quelquefois à 28 pouces & demi, & d'autres fois ſeulement à 26 & demi, & ordinairement il s'arrête à *Paris* à 27 pouces & demi environ.

Or cette élévation de mercure ne peut etre bien expliquée, qu'en ſuppoſant que la colomne d'air de même largeur que le diamétre intérieur du tuyau péſe autant que les 27 ou 28 pouces de mercure élevés dans le tuyau, en prennant cette colomne depuis la ſurface du mercure qui eſt dans le vaiſſeau, juſques à l'extrémité de la plus haute région de l'air: car ſi l'on porte le barométre au haut d'une montagne ou d'une tour fort élevée, on voit diminuer peu à peu la hauteur du mercure, & ſe réduire à 24 ou 25 pouces, comme étant alors chargé d'une moindre quantité d'air; & ſi l'on deſcend dans des caves ou dans des mines fort profondes, il ſe hauſſe peu à peu à meſure qu'on deſcend, comme étant ſucceſſivement chargé d'une plus grande quantité d'air.

On peut encore connoître le poids de l'air & l'équilibre qu'il fait avec l'eau par les mêmes régles, en ſuppoſant qu'un pouce de mercure péſe autant à peu près que 13 pouces d'eau, comme je l'ai connu par des expériences que j'en ai faites: car 28 pouces de mercure péſeront autant à peu près que 383 pouces d'eau, qui font un peu moins que 32 pieds: d'où il s'enſuit que, lorſque le poids de l'air fera monter le mercure à 28 pouces quelques lignes, il fera monter l'eau dans un tuyau de 35 ou 40 pieds juſques à 32 pieds; & que lorſqu'il ne s'éléve qu'à 27 pouces $\frac{1}{2}$, l'eau ne doit s'élever qu'à 31 pieds à peu près; ce qui s'eſt trouvé aſſez conforme à quelques expériences que j'en ai faites à l'Obſervatoire en la maniére ſuivante: Je fis faire à Monſieur *Hubin*, Emailleur, un tuyau de verre de 40 pieds de hauteur, qu'il ajuſta dans du bois creuſé afin qu'il ne ſe rompît pas en le maniant; il étoit de 5 ou 6 piéces, qu'il ſouda dans la grande ſale de l'Obſervatoire; & on éleva l'un des bouts juſques au haut de la platte-forme par l'ouverture qui y eſt, qui répond perpendiculairement au noyau creux du degré de la cave: on le deſcendit enſuite peu à peu juſques dans ce noyau, & on l'arrêta en le liant en pluſieurs endroits à la rempe de fer: enſuite aiant été rempli d'eau après avoir fermé le bout d'en-bas, on appliqua au haut un bouchon de verre qui fermoit exactement le tuyau, & on y mit encore une veſſie pour le mieux ſceller: on emplit auſſi d'eau un petit vaiſſeau qui étoit au-deſſous de l'autre bout juſques à ce qu'il trempât dans l'eau, & après qu'il fut débouché, l'eau tombant deſcendit juſques à 12 pieds environ, mais il en ſortit tant de bulles d'air qu'on ne put remarquer où elle étoit remontée; enfin elle demeura à la hauteur de 29 pieds, à cauſe du reſſort de l'air des bulles qui étoient ſorties de l'eau, & montées au haut du tuyau. Deux jours après on y remit de l'eau

Digitized by Google

l'eau qui avoit été bouillie un peu auparavant pour en faire ſortir la matière aërienne; on fit l'expérience de même, & l'eau après quelques balancemens s'arrêta à 29 pieds 4 pouces environ; on la vit monter peu à peu plus haut, & s'arrêter à 30 pieds 2 pouces, ſans que les autres baromètres euſſent changé. J'en attribuai la cauſe à ce que l'eau qu'on y avoit remiſe, étoit mêlée d'un peu de bouë, & par conſéquent peſoit plus que l'eau nette; mais cette bouë deſcendit en peu de tems au fond du petit vaiſſeau, & par ce moïen l'eau devenant peu à peu plus légére, elle montoit peu à peu plus haut. Deux jours après j'obſervai que les baromètres communs étant à 27 pouces 9 lignes, l'eau de ce grand tuyau étoit montée à 30 pieds 8 pouces; elle ſeroit montée un peu plus haut, s'il ne s'y fût pas élevé quelques bulles d'air qui la firent baiſſer: le baromètre commun étant à 28 pouces, elle monta encore plus haut, & deſcendit enſuite quand le baromètre commun revint au-deſſous de 28 pouces. D'où je connus que les baromètres d'eau ont des changemens proportionnés à ceux de mercure, & qu'on peut prendre 32 pieds d'eau pour la plus grande hauteur à peu près de ces baromètres, lorſque l'eau dont ils ſont remplis, eſt de celles qui ſont les moins peſantes, & que la matière aërienne en eſt ſortie.

Pour la facilité du calcul on ſuppoſe ici que le poids de l'atmoſphére fait préciſément équilibre avec 32 pieds d'eau douce, & que le mercure péſe 14 fois davantage préciſément.

On prouve encore le poids de l'air par une expérience aſſez curieuſe. On prend une bouteille de verre A B, à laquelle on fait une ouverture de deux ou 3 lignes comme en C: on met dans le col G un tuyau de verre D E d'environ deux lignes de diamétre, & on l'y ſoude avec un mélange de cire & de térébentine ou avec de la poix, en ſorte que l'air ne puiſſe paſſer entre-deux: enſuite on remplit la bouteille d'eau par l'ouverture C en la couchant, & même le tuyau E D en tenant fermé le bout D: & lorſqu'on poſe la bouteille en ſa ſituation perpendiculaire, l'eau qui eſt dans le tuyau deſcend juſques en E, & il en ſort autant par l'ouverture G, ſi l'extrémité E du tuyau eſt à la même hauteur que le milieu de l'ouverture C: que ſi le tuyau s'étend au-deſſous de l'ouverture comme juſques en I, l'eau ceſſera de couler, le tuyau étant vuide juſques à E, & la bouteille demeurera pleine d'eau juſques à la ſoudure vers G: que ſi le bout du tuyau eſt un peu plus haut que le deſſus de l'ouverture C comme en L, & qu'il ait deux ou trois lignes de largeur; alors on verra ſortir de l'air par ce bout ouvert, & remonter au haut de la bouteille, & l'eau ſortir en même tems par l'ouverture C juſques à ce qu'il n'y en ait plus au-deſſus du point C. Ces effets s'expliquent en la manière ſuivante: TAB. XIV. Fig. 14. 15

Le poids de l'air extérieur fait effort vers l'ouverture C, pour repouſſer l'eau qui fait effort par ſon poids pour ſortir, & l'air qui eſt au-deſſus du tuyau E D fait auſſi un effort & agit par ſon poids ſur l'eau

Digitized by Google

qui y eſt contenue; & ſe joignant au poids de cette eau, il doit forcer le poids de l'air qui agit vers C; ce qui fait que l'eau du tuyau deſcend juſques en E, & alors l'air fait effort d'un coté en E, & de l'autre en C, & ſoûtiennent conjointement l'eau de la bouteille depuis E & C juſques à A H, & elles la ſoûtiendroient quand même la hauteur C H ſeroit de trente pieds, le bout du tuyau étant au-deſſous du bas de l'ouverture C. Mais lorſque le tuyau ne deſcend que juſques en L, alors l'eau depuis L juſques en E jointe au poids de l'air qui péſe ſur L, force l'air en C, & l'eau coule par C pendant que l'air deſcend de D en L, & entre goute à goute dans l'eau par le bout ouvert L, & s'éléve au-deſſus de la ſurface de l'eau qui eſt au-deſſous du col de la bouteille. Si l'on penche la bouteille en ſorte que le point L & le milieu de l'ouverture C ſoient en meme ligne horiſontale, on verra la moitié d'une goute d'air qui paſſera au-deſſous du point L, mais qui ne ſe ſéparera pas du reſte, ſi l'on ne rehauſſe un peu le bout L.

Lorſqu'on a laiſſé entrer de l'air dans la bouteille en ſorte que la ſurface de l'eau ſoit en N O, & qu'on échauffe cet air avec la main pour le faire dilater, on fait ſortir quelques goutes d'eau par C, quoique le bout du tuyau ſoit au-deſſous de cette ouverture, & l'eau deſcendra comme juſques en *p q*: mais ſi on laiſſe refroidir cet air, on verra pendant quelque tems entrer des goutes d'air par C, à cauſe que l'air qui étoit deſcendu juſques en P Q, ſe remet dans ſa premiére étenduë depuis N O juſques à A H; & n'y aiant point d'eau pour remplir l'eſpace N O P Q, il faut que l'air y vienne du dehors par l'ouverture C.

L'eau n'a point de reſſort ſenſible, & elle ne fait équilibre avec les autres matiéres que par ſon ſeul poids ou par ſon choc. Le premier équilibre qu'on y peut remarquer à l'égard de l'air, eſt qu'étant réduite à de très-petites goutes, elle devient plus légére que l'air, & s'éléve en vapeur, comme il a été dit ci-devant. On ne peut dire quelle petiteſſe doit avoir une petite parcelle d'eau pour faire équilibre avec l'air proche de la terre, parce que celles qui ſont un peu plus légéres que cet air, ou un peu plus peſantes, ſont inviſibles ſéparément. On peut encore difficilement trouver la cauſe de ce qu'elles s'élévent: car ce n'eſt pas le mélange de l'air, puiſqu'elles péſeroient encore plus que l'air pur; ce n'eſt pas la chaleur, parce qu'on voit des eaux très-froides jetter des vapeurs. On pourroit penſer qu'il y a de très-petits pores dans l'air, où il n'y a aucune matiére peſante, dans leſquels les très-petites parcelles d'eau ſe peuvent inſinuer & y monter, & celles qui ſont un peu plus groſſes, n'y pourroient paſſer. Ces petites parcelles ſont enfin équilibre avec l'air à une diſtance d'une lieuë ou de deux de la terre; & elles y demeurent long-tems ſuſpendues, juſqu'à ce que pluſieurs s'étant jointes enſemble, deviennent plus peſantes; & ſi l'air devenoit très raréfié, elles pourroient tomber.

On en voit l'expérience dans les machines pneumatiques; car lorſqu'on

Digitized by Google

qu'on a pompé une partie de l'air, on voit troubler le récipient par la chûte des vapeurs, qui ne pouvant plus être ſoûtenues dans l'air à cauſe de la trop grande raréfaction, tombent en petites goutelettes ſur le verre qui les environne. Dans les endroits où il ſe fait de grandes chûtes d'eau, on y voit s'éléver perpétuellement des vapeurs, qui ne ſont autre choſe que les parcelles de l'eau briſées par le choc; & quand une bouteille de ſavon vient à ſe rompre, une partie de l'eau dont elle eſt compoſée, tombe, & le reſte qui ſe réduit en des goutelettes trop petites, s'éléve comme des vapeurs.

I. RÉGLE.

Pour l'Equilibre de l'Eau par ſon poids.

L'Eau étant dans un vaiſſeau ou dans pluſieurs qui ſe communiquent, a toûjours ſes parties ſupérieures en même niveau; c'eſt-à-dire, en égale diſtance du centre de la terre.

EXPLICATION.

TAB. XIV. Fig. 16.

SOit le tuyau recourbé A B C d'égale groſſeur, dans lequel on verſe de l'eau par le bout A; elle montera auſſi haut dans l'autre branche du tuyau; c'eſt-à-dire, que ſi D E eſt une ligne horiſontale, & que l'eau dans la branche A G monte juſques en D, elle ſera dans l'autre juſques en E, quand on aura ceſſé de verſer, & que l'eau demeurera en repos.

Car premiérement, ſi les branches ſont d'égale largeur & également inclinées à l'horiſon, tout étant égal de part & d'autre, l'eau ne pourra pas demeurer dans les hauteurs inégales A & F, parce que le poids de l'eau A G ſera plus grand que celui de l'eau H F; & par conſéquent en deſcendant il pourra prendre une plus grande quantité de mouvement qu'il n'en donnera à l'autre en montant, puiſque leurs viteſſes ſeront égales & leurs directions ſemblables. Donc par le Principe univerſel, l'eau ne pourra s'arrêter ſi elle n'eſt à une même hauteur dans ces deux branches. Que ſi l'on ferme avec le doigt le bout C avant que de verſer de l'eau par le bout A, & qu'on empliſſe d'eau la branche A G juſques à A; l'autre demeurera vuide, & il n'y montera point d'eau ou très-peu à cauſe de l'air qui l'occupe, ſi la branche A G n'eſt que de deux ou trois pieds de hauteur: alors ſi on léve le doigt, l'eau de la branche A G deſcendra, & une partie paſſera dans l'autre branche, & s'élévera comme juſques en E, pendant que de l'autre part elle deſcendra comme juſques en N; & dérechef elle montera comme juſques en D, & deſcendra juſques en M; & enfin, après pluſieurs balancemens elle s'arrêtera de part & d'autre à une même hauteur comme I F.

Lorſqu'en cette expérience l'eau commence à deſcendre de la branche A pour paſſer dans l'autre, elle accélére ſon mouvement, juſques à ce qu'elle ſoit en égale hauteur dans les deux branches, comme en I & F, où doit être l'équilibre, & diminue enſuite de viteſſe peu à peu, juſques à ce qu'elle ſoit aux points N & E; elle redeſcendra de même en accélérant depuis la hauteur E juſques à ce qu'elle ait paſſé le même niveau I F, & diminuera ſon mouvement juſques à ce que l'une des hauteurs ſoit en D, & l'autre en M, & ces balancemens continueront juſques à ce que l'eau ſoit arrêtée en I & F, de la même manière que le plomb d'une pendule accélére ſon mouvement juſques au point de repos, qu'il le diminue en remontant, & qu'il s'arrête enfin après pluſieurs balancemens.

TAB. XIV. Fig. 17. La même choſe arrivera dans un vaiſſeau A B C D, où il y aura de l'eau juſques en E F. Car ſi l'on y verſe de l'eau vers F, en ſorte qu'elle s'éléve comme juſques en G; elle ne demeurera point en cet état, lorſqu'on ceſſera de verſer de l'eau nouvelle: car le poids de l'eau G K H C, étant plus grand que celui de l'eau K I L H, L I I & H C étant ſuppoſées égales, il forcera cette dernière par les mêmes raiſons, & fera éléver l'eau vers I K, & en même tems la ſurface ſupérieure G K étant en pente, l'eau coulera de G vers I; & par les mêmes raiſons l'eau E B L I s'élévera auſſi: & enfin après pluſieurs mouvemens la ſurface ſupérieure de l'eau ſe mettra de niveau. De-là on pourra expliquer ce qui arrive dans une eau dormante L M, lorſqu'on y jette une pierre comme en N: car la pierre faiſant éléver autour de ſoi l'eau en une vague circulaire, dont O & P repréſentent l'élévation, elle ne pourra demeurer en cette poſition; mais la partie O coulera vers L, & en coulant elle pouſſera & élévera l'eau voiſine R, qui pouſſera & élévera la ſuivante, de manière qu'il ſemblera que la même eau élevée en O, s'avance juſques en L.

TAB. XIV. Fig. 18.

La même choſe arrivera à la partie élevée P, & par ce moïen il ſe fera une vague circulaire qui s'éloignera du point N en s'élargiſſant toûjours juſques aux rivages L & M, s'ils ne ſont pas trop éloignés; & en s'y réfléchiſſant, il ſe fera une vague circulaire nouvelle, qui s'avancera de part & d'autre vers N, & s'agrandira toûjours en circonférence en diminuant de hauteur, juſques à ce que toute l'eau ſupérieure ſe ſoit miſe de niveau.

TAB. XIV. Fig. 19. Soit maintenant les deux branches inégales en largeur, comme en la figure A B C D; l'eau ſe mettra encore à méme hauteur, comme E F dans les deux branches, & l'eau E B ne forcera point l'eau C P. Car ſoit la baſe B G, qu'on ſuppoſe quarrée, ſeize fois plus grande que la baſe C; & s'il eſt poſſible, que l'eau deſcende de E juſqu'en I, & qu'elle monte de l'autre part juſqu'en D: celle qui ſera deſcendue de E en I, ſera égale à celle qui eſt en F D; & les deux petits cylindres F D & E I auront leurs hauteurs réciproques à leurs baſes. Donc comme

Digitized by Google

me 16 à 1, ainſi la hauteur FD à EI. Or le cylindre EB étant 16 fois plus grand que le cylindre CF, il péſera 16 fois davantage. Mais l'eſpace paſſé en même tems par le petit cylindre ſera auſſi 16 fois plus grand que l'eſpace paſſé par le grand cylindre, & leurs directions ſont les mêmes étant perpendiculaires. Donc leurs viteſſes auroient été reciproques à leurs poids, & ils auroient eu une égale quantité de mouvement; ce qui eſt impoſſible: car par le Principe univerſel ces cylindres d'eau doivent faire équilibre, & l'un ne peut pas faire mouvoir l'autre, puiſqu'ils ſont diſpoſés à prendre une égale quantité de mouvement ſelon la même direction.

Que ſi l'on verſe de l'eau dans ce tuyau étroit juſques en D, elle ne pourra s'y arrêter que lorſque l'autre branche ſera pleine juſques à A. Car ſoit la hauteur FD d'un pouce & ſa baſe un pouce, & FC dix pouces; donc toute l'eau CD ſera d'onze pouces cubes, & l'eau BE 160 pouces cubes. Si donc toute l'eau CD deſcend d'un pouce, l'eau EB montera de $\frac{1}{11}$ de pouce, ſçavoir de la hauteur EL; & l'eſpace EL ſera la meſure de la viteſſe de l'eau BE, comme DF eſt celle de l'eau CD. Or 160 multipliés par $\frac{1}{11}$ donne 10 de quantité de mouvement, & 11 multiplié par 1 donne 11: donc la quantité de mouvement de l'eau DC ſera plus grande que celle de l'eau BE, ou ce qui eſt la même choſe, la viteſſe de l'eau de la petite branche aura plus grande raiſon à la viteſſe de l'eau de la grande branche, que le poids de cette dernière au poids de l'autre; & par le Principe univerſel l'eau du petit tuyau deſcendra. On tirera les mêmes conſéquences pour les autres hauteurs inégales juſqu'à ce que les deux ſurfaces des eaux de ces branches ſoient de niveau, & elles ne s'arrêteront point qu'elles ne ſoient à même hauteur.

On peut encore conſidérer l'eau en AG, comme ſi elle étoit diviſée ſelon ſa longueur en ſeize petites colomnes quarrées, chacune égale à la petite colomne quarrée CD: & parce qu'aucune de ces petites colomnes ne peut monter plus haut ni deſcendre plus bas que les autres, on doit juger de même de la petite colomne CD, quoiqu'elle ne leur ſoit pas contigue.

De-là il s'enſuit, que ſi on met un corps flottant ſur l'eau de la branche AB, & que le poids de ce corps ſoit égal à celui de l'eau qui occuperoit la hauteur AE après qu'on l'auroit ôté; l'eau de la petite branche demeurera toûjours à la hauteur CD, & il ſe fera équilibre entre l'eau CD & l'eau BE jointe au poids du corps flottant, par les mêmes raiſons ci-deſſus.

Lorſque la petite branche eſt très-menue, comme d'une demi ligne, ou d'un tiers de ligne, l'eau y monte plus haut qu'en l'autre branche d'un pouce ou de deux; ce qui arrive auſſi quand on trempe dans l'eau un tuyau de verre, dont le diamétre eſt moindre qu'un quart de ligne; car elle s'y éléve à la même hauteur d'un pouce ou de deux par-deſſus le

le reſte de la ſurface de l'eau, & toute cette eau qui s'éléve au-deſſus du niveau dans les tuyaux-très-menus ou dans ceux qui le ſont médiocrement, comme d'une ligne ou d'une demi-ligne, eſt égale ſenſiblement à une groſſe goute d'eau qui étant attachée à quelques corps demeure ſuſpendue ſans tomber.

On voit le même effet dans l'expérience de la bouteille ci-deſſus: car ſi le tuyau eſt trés-étroit, comme d'une demi-ligne, l'eau n'y deſcendra que juſques vers L environ un pouce au-deſſus de E, & alors cette cauſe particuliére d'adhélion réſiſte à l'effort de l'air qui eſt ſur l'eau dans le tuyau; & plus le tuyau eſt étroit, plus le point L ſera élevé.

Quelques-uns attribuent la cauſe de cet effet au poids de l'air, qui agit pleinement ſur l'eau du tuyau large, & ne peut bien agir ſur celle du tuyau étroit. Mais on doit rejetter cette cauſe. Car ſi l'on plonge un ſemblable tuyau dans du mercure, il n'y monte pas ſi haut que le niveau du reſte du mercure, & toutesfois le poids de l'air y doit agir de même qu'à l'égard de l'eau: & meme ſi l'on trempe dans l'eau un de ces tuyaux étroits qui n'ait qu'un demi pouce de hauteur, l'eau y monte juſques au haut, quoiqu'alors l'air n'ait point de peine à s'y inſinuer: joint à cela que ſi ce tuyau eſt gros, ou qu'il ait été laiſſé longtems ſans être mouillé, il contracte un certain enduit où l'eau ne s'attache point; & alors l'eau ne s'y éléve pas au-deſſus du niveau, quoique la cauſe du défaut du poids de l'air demeure la même ſans changemens. Il faut donc expliquer cet effet par les mêmes cauſes qui font élever l'eau qui eſt dans un vaiſſeau de bois vers les bords juſques à plus d'une ligne & demi de hauteur avec une petite concavité, & qui font joindre deux goutes d'eau l'une à l'autre quand elles ſe touchent; deſquelles cauſes on a parlé dans le premier Diſcours aſſez au long.

On voit un effet ſurprenant de l'équilibre dans l'expérience ſuivante:
TAB. VIX. Fig. 20. Aïez un tonneau de bois large de deux ou trois pieds A B C D, plein d'eau, enfoncé par les deux bouts: faites une ouverture au fond d'en-haut comme en E, pour y mettre un tuyau d'un pouce de largeur, ſi bien joint avec de la poix & de la filaſſe ou avec quelqu'autre matiére, que l'air n'y puiſſe entrer, & que ce tuyau étroit, ſçavoir E F, ait 12 ou 15 pieds de hauteur: empliſſez d'eau le tonneau par quelques trous qu'on fera au fond ſupérieur, & poſez ſur le fond ſept ou huit cent livres de poids, qui le feront courber en concavité, comme A M D: Si l'on met une marque blanche au dehors du tuyau, comme au point H, & à côté un peu plus haut une régle I L, plantée dans le mur voiſin, & affermie de manière qu'elle demeure immobile; en verſant de l'eau enſuite peu à peu dans le tuyau étroit E F, vous verrez que quand il ſera plein, le fond A M D ſera élevé avec les poids de 800 livres dont il eſt chargé, non ſeulement à ſon premier état A E D, mais même qu'il aura pris une courbure convexe, & que ſon élévation dans le mi-

Digitized by Google

milieu ſera autant élevée par-deſſus le point E, que le point M étoit au-deſſous auparavant; ce que l'on connoîtra parce qu'on verra élever la marque blanche H, & paſſer peu à peu plus haut que la régle I L, dont on pourra meſurer la différence. Que ſi le tuyau eſt encore plus haut, l'élévation des poids ſera encore plus grande: d'où l'on juge que le peu d'eau qui eſt dans le tuyau, a autant de force pour élever ce grand poids & courber le fond du tonneau en convexité, que ſi ce tuyau étoit de même largeur que le tonneau. Cet effet ſe prouvera par les mêmes raiſons ci-deſſus touchant l'eau de la petite branche C D, qui fait élever l'eau de la branche B A, lorſqu'elle n'eſt que juſques à E, quand même elle péſeroit 1000 fois davantage: car la viteſſe que prendra l'eau du petit tuyau F E en deſcendant, ſera à celle du fond A D avec ſes poids en s'élévant, comme la ſurface de ce fond eſt à la ſurface de ce tuyau; c'eſt-à-dire, que ſi le tuyau a un pouce de diamétre & le fond 30 pouces, la ſurface du fond ſera 900 fois plus grande que celle du haut de l'eau du tuyau. Donc ſi l'eau du tuyau deſcend d'un pouce, celle qui touche le fond ſupérieur du muid ne s'élévera que de $\frac{1}{900}$ de pouce; & par conſéquent, ſi l'eau du tuyau péſe une livre, elle ſera équilibre avec 900 livres. Donc elle fera élever les 800 livres qui ſont ſur le fond avec le peu d'eau qui paſſera au-deſſus de A E D; mais il faut ſuppoſer que le fond s'eléve tout entier en meme tems pour la juſteſſe du calcul & du raiſonnement.

Lorſque dans un ſyphon l'une des branches eſt inclinée, & l'autre perpendiculaire, étant toutes deux à peu près de même largeur, l'eau s'y mettra auſſi de niveau. Car ſoit le ſyphon A B C poſé en ſorte que la branche A B ſoit perpendiculaire, & que C B ſoit en un plan incliné; il eſt manifeſte que le poids de l'eau qui ſera en D B, ſera au poids de celle qui ſera en E B, comme la grandeur D B eſt à la grandeur E B. Mais ſi E D eſt une ligne horiſontale, la force totale de l'eau E B pour deſcendre ſera à celle qu'elle auroit ſi elle tomboit perpendiculairement, comme la longueur E B eſt à la longueur D B. Donc elle ſera équilibre à l'eau D B, dont la direction eſt perpendiculaire ſuivant le Principe univerſel: car les eſpaces paſſés en même tems par les eaux de ces deux branches ſelon leurs directions naturelles vers le centre de la terre, ſeront en raiſon réciproque de leurs poids, c'eſt-à-dire, de E B à D B, & par conſéquent l'eau E B ne forcera point l'eau B D. Le frottement plus grand dans la longue branche peut faire quelques différences, & donner un peu plus de peine pour faire mouvoir l'eau par le plan incliné E B; mais quand l'une ou l'autre des branches ſeroit plus groſſe, cela n'empêcheroit point l'équilibre par les mêmes raiſons qui ont été dites ci-deſſus. TAB. XIV. Fig. 22.

Lorſque dans les ſyphons qui ont une branche beaucoup plus groſſe que l'autre, comme en la figure 22*, on ferme le bout de la petite branche avec le doigt; & que la grande étant enſuite remplie d'eau, TAB. XIV. Fig. 22.

on léve le doigt tout à coup : le premier mouvement de toute l'eau AB eſt retardé par la difficulté de l'iſſuë en G ; mais le mouvement par FC eſt beaucoup plus vîte en ſon commencement, que quand les deux branches ſont d'égale largeur. D'où il arrive que, ſi l'on met un peu d'eau dans la branche FC, juſques à ce qu'elle rempliſſe le tuyau de jonction BC; & ſi après avoir fermé le bout F avec le pouce, on remplit l'autre partie AB juſques à la ligne horiſontale ED, & qu'on léve enſuite le pouce tout à coup; l'eau montera plus haut que D comme juſques en I; ce qui arrive parce que l'eau de la grande branche deſcendant, quoique lentement, fait monter très-vîte l'eau dans la petite branche; & que toute l'eau ſe mouvant pour arriver à l'équilibre, elle ſe meut encore après y etre arrivée par la viteſſe acquiſe comme dans le ſyphon uniforme ; ce qui fait que l'eau de la grande branche deſcend encore, & fait monter l'autre comme juſques à 3 ou 4 pouces au-deſſus de D, d'où elle redeſcend, & après quelques balancemens elle s'arrête enfin à la même hauteur dans les deux branches au-deſſous de EF : & quand le tuyau AB ſeroit tout plein avant que d'ôter le pouce, l'eau ne laiſſeroit par de jaillir deux ou trois pouces plus haut que F, ſi la branche AB eſt beaucoup plus large que la branche CD; car alors la deſcente & la montée dans cette branche large ſera fort petite & preſque inſenſible. Voici les expériences qui en ont été faites:

TAB. XIV, fig. 23. On a pris un bacquet de fer blanc ABCD avec le tuyau EF de 4 pouces de largeur, où étoit ſoudé le tuyau recourbé de verre FGH; on empliſſoit le bacquet & le tuyau EF après avoir mis le pouce en H pour empêcher l'air de ſortir du tuyau GH ; & quand on ôtoit le pouce, l'eau jailliſſoit juſques en I environ trois pouces plus haut que la ſurface de l'eau DA : mais lorſque le tuyau de verre alloit juſques à 5 ou 6 pouces plus haut que AD, l'eau y montoit à environ 4 pouces plus haut que H, d'où elle redeſcendoit, & enfin ſe mettoit dans l'équilibre. On a fait la même expérience dans un tuyau LEF d'égale largeur par-tout; GH demeurant toûjours plus étroit que LEF; & l'eau jailliſſoit plus haut que le point H, de même que quand le bacquet AD étoit au-deſſous de EF. Or en ces cas l'eau commence à monter aſſez vîte par G, & monte encore un peu plus vîte quand l'eau LE a acquis du mouvement. Mais cette viteſſe par GH commence à diminuer quand l'eau des deux branches eſt arrivée à l'équilibre, c'eſt-à-dire, à la hauteur où elle doit demeurer dans les deux branches, comme à celle de la ligne horiſontale KM. Que ſi l'on met des liqueurs différentes dans les deux tuyaux, les plus légéres demeureront élevées dans les tuyaux plus haut que les autres ſelon les proportions réciproques de leurs peſanteurs, dont voici les régles.

RE'GLE

RE'GLE DE L'E'QUILIBRE DES LIQUEURS DIFFE'RENTES PAR LA PESANTEUR.

ON conſidére ici deux ſortes de peſanteurs des corps : l'une qui procéde de la maſſe du corps, comme un pied cube de bois péſe plus qu'un pouce cube de même matière : l'autre procéde de la denſité des matiéres ou de quelque autre cauſe par laquelle un corps péſe plus qu'un autre de pareil volume ; comme un pouce cube d'or péſe plus qu'un pouce cube de fer. Nous appellerons peſanteur ſpécifique cette dernière peſanteur : ainſi la peſanteur ſpécifique de l'eau eſt plus grande que celle de l'huile : on ne conſidére point ici le poids de l'air dans lequel on péſe les corps, quoiqu'à la rigueur on y doit avoit égard.

Soit donc dans le ſyphon ABC de l'eau en équilibre à la hauteur DE : qu'on verſe tout doucement de l'huile dans la branche CB juſques à ce qu'elle ſoit à la hauteur C ; il arrivera que l'eau deſcendra au-deſſous de E, & s'élévera au-deſſus de D en l'autre branche. Soit la deſcente EF, & DG l'élévation, & ſoit tirée FH horiſontale ; alors l'huile FC ſera à l'eau IG réciproquement comme la peſanteur ſpécifique de l'eau eſt à celle de l'huile, car l'eau FB ſera équilibre avec l'eau BH : donc l'huile FC ſera équilibre avec l'eau HG. Or il eſt néceſſaire pour faire que le tout demeure en cet état, que les parties H & F ſoient également preſſées ſelon le Principe ci-deſſus : donc la quantité d'huile FC péſera autant ſur F que l'eau IG ſur H. La même choſe arrivera au mercure & à l'eau : car, ſi on met dans le ſyphon ABC du mercure juſques à la hauteur DE ; & qu'on verſe doucement de l'eau par C, inclinant un peu le ſyphon au commencement afin que l'eau ne ſe mele point avec le mercure ; & que l'eau ſoit élevée juſqu'en C, & le mercure juſqu'en I : l'eau deſcendra comme juſques à la ligne horiſontale KL ; & alors l'eau KC avec le mercure KB, ſera équililibre avec le mercure BI. Et comme la peſanteur ſpécifique du mercure eſt à celle de l'eau, ainſi réciproquement la hauteur KC ſera à la hauteur LI ; & par ce moïen il ſera facile de déterminer les peſanteurs ſpécifiques des liqueurs à l'égard l'une de l'autre, car ſi le mercure péſe quatorze fois plus que l'eau, KC ſera quatorze fois plus grande que LI. TAB. XIV. Fig. 24.

Aiant conſidéré l'équilibre des différentes liqueurs entr'elles, on peut conſidérer celui des corps fermes qui nagent ſur l'eau, comme le bois, la cire, &c. En voici les régles.

REGLES DE L'EQUILIBRE DES CORPS FERMES DONT LA PESANTEUR SPECIFIQUE EST MOINDRE QUE CELLE DE L'EAU.

I. REGLE.

TOut corps ferme plus pesant que l'air & plus léger que l'eau y étant mis, s'y enfoncera un peu & fera élever l'eau, & toute sa partie enfoncée sera au reste comme sa pesanteur spécifique à celle de l'eau.

TAB. XIV. Fig. 25. Soit, dans la figure 25e, BCDE de l'eau dont la surface supérieure soit BC, continue dans quelque vaisseau: soit AFGH un corps cubique plus léger spécifiquement que l'eau, & plus pesant que l'air; je dis qu'il ne demeurera pas sur la superficie de l'eau: car la colomne quarrée d'eau KRLI seroit plus pressée qu'une colomne égale BEIK, puisque le poids du corps AH y seroit de plus. Donc le poids descendra, & entrera dans l'eau, mais il ne s'y cachera pas entièrement, parce qu'alors la colomne KRLI, composée de ce corps & d'eau, seroit plus légére qu'une égale colomne d'eau BEIK. Soit donc son enfoncement jusques en KR, & que l'eau qui l'environne se soit élevée jusques en BC, qui sera plus haute qu'elle n'étoit auparavant à cause que la portion KGHR du corps occupe la place d'une partie qui est obligée de s'élever: je dis que l'eau contenue en KGHR, dont le corps occupe la place, sera d'un poids égal au poids de tout le corps, c'est-à-dire, que si une quantité d'eau égale en volume à KGHR pése autant dans l'air que le corps entier AFGH, il demeurera dans cette situation; & la portion KRGH de ce corps sera au total, comme la pesanteur spécifique de tout ce corps sera à celle de l'eau.

Ainsi, si le corps AFGH est à l'eau en pesanteur spécifique comme 3 à 4, la partie AFKR qui passera au-dessus de l'eau, sera le quart de toute sa hauteur: car s'il pesoit 12 livres dans l'air, autant d'eau péseroit 16 livres; & par conséquent la partie KRGH péseroit 12 livres si elle étoit d'eau: elle ne pésera donc que 9 livres; & la partie au-dessus de l'eau AFKR sera de 3 livres; & le tout pésera 12 livers, comme l'espace d'eau occupé par la partie du poids qui y entre qui sera 16 livres dans la même raison de 3 à 4; & par la première régle le poids demeurera en cet état dans l'eau. Et parce que le liege est 4 fois moins pesant que l'eau, si l'on met dans de l'eau BCED un cylindre de liége AFGH, il descendra; & si la superficie de l'eau est double de celle de la base du cylindre, l'eau ne s'élévera que de la huitième partie de la hauteur du cylindre, & le cylindre ne descendra dans l'eau que de son quart, en sorte que la partie qui restera hors de l'eau, sera les 3 quarts de tout le cylindre.

L'eau s'attache quelquefois aux corps légers, & s'éléve un peu en con-

Digitized by Google

concavité contre la partie au-deſſus de K, & quelquefois il ſe fait un petit enfoncement au-deſſous, comme il a été expliqué ci-devant; ce qui pourroit faire quelque difficulté; mais ce peu d'eau qui s'élévera au-deſſus du reſte de la ſurface de l'eau, n'y pourra faire qu'un très-petit changement, & on ne le conſidére point ici.

Cette propriété de l'eau de s'attacher ou de ne pas s'attacher à de certains corps, fait quelquefois paroître des effets aſſez ſurprenants. En voici des exemples:

ABC eſt un verre à demi plein d'eau, dont la ſurface ſupérieure eſt DE. S'il y a une petite bulle d'écume pleine d'air comme F, ou une petite balle creuſe de verre pleine d'air plus légére que l'eau, ou quelques autres corps ſemblables; elle ira vers les bords E ou D, & s'y tiendra comme collée: mais au contraire, ſi le verre eſt tout plein d'eau comme en AC, alors la petite balle K ne pourra approcher du bord; ſi on l'y pouſſe, elle reviendra vers le milieu en K. Mais il y a d'autres petits corps légers qui font des effets tout contraires. Prenez une petite balle de cire non mouillée, & la poſez doucement ſur l'eau en F, quand le verre n'eſt pas plein, elle fuira les bords; & ſi on la met en K vers le milieu quand le verre eſt plein, elle ira ſe précipiter vers C juſques à ce qu'elle touche le bord du verre. On peut expliquer ces effets en cette ſorte: TAB. XIV. Fig. 26.

AB eſt la ſurface de l'eau quand le verre n'eſt pas plein. CD eſt le bord du verre où l'eau fait une petite élévation comme *e f g*. E eſt la boule de cire, qui étant graſſe & poſée doucement ſur l'eau y fait un petit creux HIK, à cauſe que l'eau ne s'y attache pas; & la balle entre au-deſſous de la ſurface de l'eau AHKB juſques à ce que la partie qui eſt au-deſſous avec l'air qui eſt compris au-deſſous de la ligne horiſontale ponctuée, péſe autant que l'eau qui y étoit contenue dans l'eſpace compris de cette ligne ponctuée HK, & de la ligne courbe HIK. Or ſi l'on fait avancer cette balle juſques vers *g*, lorſque le point K de l'extrémité de la concavité HIK veut s'aprocher plus près du bord du verre que le point *g*, alors l'eau qui eſt en *e f* n'étant plus ſoûtenue par celle qui eſt au point *g*, deſcend, & repouſſe la boule juſques à ce que le point K ſoit joint au point *g*, la courbure *e f g* demeurant en ſon premier état. TAB. XIV. Fig. 27.

Mais ſi ce verre eſt tout plein & que l'eau paſſe par-deſſus les bords ſans ce renverſer, comme il ſe peut faire aiſément, & comme on le voit en la figure 28e, où l'eau fait une convexité depuis L juſques au bord du verre B; alors quand la boule E ſe ſera avancée juſques à ce que la ſection HIK rencontre la convexité LB, comme en *p*, ce point *p* ſera plus bas que le point H de l'autre côté de la balle; & par ce moïen la balle ſe trouvera dans un penchant qui ſera encore plus grand quand la même ſection s'aprochera plus près de B, & cette pente deviendra toûjours plus roide juſques à ce que la balle touche le ver- TAB. XIV. Fig. 28.

re au point B, comme on le voit en la même figure de l'autre côté du verre.

TAB. XIV. Fig. 29. Par ces mêmes raiſons, lorſque deux de ces balles ſont miſes aſſez près l'une de l'autre, elles ſe joignent. Car ſoit la ligne A C D E F B le niveau de la ſurface de l'eau; C *a e* E, D *e b* F, les deux creux que font les balles; & le point *e* l'interſection des creux: il eſt évident que le point *e* ſera plus bas que le niveau de l'eau A C F B, & que par conſéquent il y aura une pente de part & d'autre; ce qui fera que les balles couleront juſques à ce qu'elles ſe rencontrent, comme on le voit en cette même figure. Que ſi l'une des balles eſt mouillée, en ſorte que l'eau s'y puiſſe attacher, elles ſe repouſſeront l'une l'autre; ce qui ſe

TAB. XIV. Fig. 30. prouve de même: car dans la balle mouillée B, en la figure 30e, il ſe fait une élévation de l'eau comme C B & B D, & dans l'autre E un creux comme F G H; & ſi on les pouſſe l'une contre l'autre, l'eau s'élévera davantage vers C entre les deux balles & en une plus grande quantité; ce qui fera que les balles ſeront repouſſées en arrière l'une de l'autre.

Que ſi les deux balles de la figure précédente ſont mouillées, elles s'aprocheront à cauſe de la concavité qui reſte entr'elles; & elles ſe joindront par la même cauſe que deux goutes d'eau ſe joignent & ne

TAB. XIV. Fig. 31. font plus qu'une ſeule goute. Car les deux élévations d'eau B C, C D, dans la figure 31e, ſont comme deux demi goutes qui doivent ſe joindre en ſe touchant tant ſoit peu.

C'eſt par la même raiſon que deux balles mouillées ſe joignent & qu'elles s'approchent des bords du verre quand il n'eſt pas plein; car il s'y fait une ſemblable élévation d'eau: & quand il eſt plein & que l'eau paſſe plus haut que les bords, la balle mouillée en eſt repouſſée de la même manière qu'elle eſt repouſſée par une balle non mouillée; car s'aprochant du bord du verre C, la petite élévation d'eau A B fait

TAB. XV. Fig. 32. hauſſer plus haut celle qui eſt entre B & C, & alors toute l'élévation eſt plus forte que la ſeule D F qui n'eſt que concave; & par conſéquent la boule ſera repouſſée du côté de D; ce qui eſt conforme à l'expérience.

Cette difficulté qu'a l'eau de s'attacher à la cire, fait que quelquefois des corps plus peſans que l'eau ne coulent pas au fond; comme ſi

TAB. XV. Fig. 33. le petit cylindre E K eſt de bouis ou de quelque autre bois plus peſant que l'eau, & qu'il ſoit frottée de ſuif, ou enduit de quelque verni qui empêche l'eau de s'y attacher, il demeurera ſuſpendu & fera un enfoncement dans l'eau comme F G H K I L M. Car, l'eſpace d'air G F L M qui eſt au-deſſous du niveau A F M B, n'aiant point de poids, le fond O P ne ſera pas plus chargé que C O qui lui eſt égal, & même on peut pouſſer un peu avec le doigt en en-bas le petit cylindre, ſans qu'il aille au fond, pourvû que les courbures F G, M L, ſoient moindres qu'une ligne & demi: car pouvant etre de 2 lignes ſans que l'eau coule ſur G L, il y aura plus d'air au-deſſus; & dès qu'on ôtera le doigt, le

le cylindre remontera, non pas à cauſe que l'air le retire à ſoi; mais parce que les colomnes d'eau qui ſont à côté, dont les baſes ſont égales à PO, peſent plus & font remonter le cylindre GL. On peut mettre par ces mêmes raiſons une petite aiguille ſur de l'eau calme ſans qu'elle enfonce, ſi elle eſt un peu graſſe & ſeiche; mais dès qu'elle ſera mouillée, l'eau s'y attachera, & il ne s'y ſera point d'enfoncement où l'air ſe puiſſe loger, & elle ira au fond.

On peut s'étonner pourquoi la glace va au-deſſus de l'eau; car il ſemble qu'étant plus froide que l'eau coulante, elle doit être plus condenſée & par conſéquent plus peſante. Mais il faut remarquer que la glace eſt toûjours mêlée de quelques bulles d'air, comme il a été expliqué dans la première Partie; & c'eſt ce mélange qui la rend plus légére: & encore qu'en quelques endroits de la glace ce mélange ne ſoit pas viſible à cauſe de la petiteſſe des parcelles d'air, on peut croire qu'il y en a toûjours quelque peu, & que ce peu étant joint à la glace, dont la condenſation à l'égard de l'eau n'eſt pas fort conſidérable, peut faire un compoſé moins peſant que l'eau.

La même choſe arrive au plomb, à la graiſſe, à la cire, & à quelques autres matiéres ſemblables: car ces matiéres étant fondues ſoûtiennent les parties qui ne le ſont pas encore; ce qui procéde de ce qu'il ſe fait toûjours quelques intervalles vuides entre les parties de ces corps quand ils commencent à ſe durcir. Si l'on coupe une balle de plomb par le milieu, on y trouve vers le centre un vuide conſidérable. La graiſſe en ſe congélant devient opaque à cauſe des petits intervalles vuides qui s'y font, qui empechent la lumière de continuer en ligne droite par les diverſes réfractions & réflexions qu'elle y ſouffre.

Application de cette Régle.

SI l'on enferme un vaiſſeau vuide ABCD dans l'eau FEIL contenue dans quelque vaiſſeau GLIH, tenant ce vaiſſeau vuide en ſorte qu'il ſoit droit, & qu'il ne puiſſe pas ſe renverſer; il faut autant de force pour en tenir une partie arrêtée à une certaine profondeur au-deſſous de la ſurface de l'eau EF, comme celle qu'il faudroit pour ſoûtenir en l'air un poids M qui étant mis dans le fond du vaiſſeau ABCD, le pourroit tenir en cette ſituation, lequel poids avec celui du vaiſſeau vuide doit être égal au poids de l'eau qui occuperoit l'eſpace NODC, comme il a été expliqué ci-devant. TAB. XV. Fig. 34.

On peut appliquer cet effet à la glace qui ſe forme dans les rivières autour des pilotis qui ſoûtiennent les ponts, pour juger ſi, la rivière venant à s'enfler, la glace qui eſt attachée aux pilotis les peut ſoulever & renverſer le pont. Car ſuppoſant que la glace ait un pied d'épaiſſeur, & qu'elle péſe avec l'air dont elle eſt remplie moins d'un douziéme que l'eau; on fera aiſément le calcul pour ſçavoir quelle peſanteur peut l'empécher

Digitized by Google

pêcher de s'élever au-deſſus de l'eau: comme ſi elle a 400 pieds de ſurface, ce ſera 400 pieds cubes, dont chacun ne péſera que 64 livres au lieu des 70 pour le pied cube d'eau; & le produit de 6 différence de 64 à 70, étant multiplié par 400, eſt 2400 livres. Or ſi le poids des pilotis du pont eſt plus grand que 2400, la glace n'arrachera pas les pilotis; car il y aura encore de plus la réſiſtance que font les pilotis par leur frottement contre le terrain ferme où ils ſont engagés, pour être arrachés.

Si la glace n'étoit que du côté d'en-haut, & qu'elle fut extrêmement longue comme AB, elle pourroit ſervir de levier, comme on le voit en la figure, en faiſant ſon appui ſur le dernier pilotis CD pour arracher les pilotis EF & GH: mais il ne faudroit prendre la portion de ſa force que depuis la moitié de la diſtance AB, à cauſe que chaque partie de la glace AB n'agit que ſelon ſa diſtance juſques au point d'appui D. Que s'il y a auſſi de la glace de l'autre côté & de la même longueur, alors elle emploïera tout ſon effort. Mais, comme ordinairement les ponts ont beaucoup de peſanteur, ils ſont plûtôt emportés par le choc continuel des grands glaçons qui peu à peu les ébranlent, & les déracinent en les heurtant par en-haut, que par le ſoulévement de la glace qui n'y peut pas faire un grand effort.

TAB. XV. Fig. 35.

Si l'on met un corps fort léger dans des liqueurs différentes en peſanteur ſpécifique, la partie enfoncée dans l'une ſera à la partie enfoncée dans l'autre, comme la peſanteur ſpécifique de l'une eſt à la peſanteur ſpécifique de l'autre.

Par ces mêmes raiſons les vaiſſeaux & les bateaux chargés de marchandiſes doivent s'enfoncer dans l'eau juſques à ce que l'eau dont ils occupent la place au-deſſous du niveau, péſe autant que le vaiſſeau avec tout ce qui eſt dedans. D'où il eſt arrivé quelquefois que des vaiſſeaux entrant de la mer dans des rivières couloient à fond; parce que l'eau douce étant plus légére que celle de la mer, l'eſpace de l'eau douce égal à celui qu'occupoit le Vaiſſeau entier étoit moins peſant que le poids du vaiſſeau, & que dans la mer ce poids du vaiſſeau étoit moins peſant.

II. RÉGLE.

LEs corps plus légers que l'eau étant retenus par force au fond de l'eau, & étant enſuite laiſſés en liberté, s'élevent au-deſſus de l'eau en la manière ſuivante:

TAB. XV. Fig. 36.

ABCD eſt l'eau contenue dans le vaiſſeau; EFGH eſt le corps dont la peſanteur ſpécifique eſt moindre que celle de l'eau. Or la colomme KIGH péſe moins qu'une colomme d'eau de même volume IIBD, & par conſéquent l'eau proche du point H, entre H & D, eſt plus chargée que celle qui eſt entre G & H, & par conſéquent elle s'in-

s'insinuera & coulera sous le corps G H, & le poussera en haut. Les autres parties de l'eau qui sont au fond à la même profondeur que le dessous de ce corps, feront le même effet pour le pousser en haut; & comme il rencontrera plus haut de semblables dispositions, il sera toûjours élevé jusques à ce qu'une partie soit au-dessus de l'eau; & parce qu'il s'élévera avec vitesse, il passera un peu plus haut que l'endroit où il doit s'arrêter; mais il redescendra un peu plus bas que cet endroit, & enfin après quelques autres balancemens il s'arrêtera dans le lieu de son équilibre selon les régles précédentes.

Que s'il y avoit un trou dans le fond du vaisseau, comme L, par où l'eau coulât, le corps F H ne s'éléveroit point: car la même eau qui devroit pousser ce corps en haut, descend par l'ouverture, & l'entraîne de son côté par sa viscosité; & étant pressé par-dessus par la colomne d'eau K E I F, il demeurera toûjours au fond de l'eau jusques à ce qu'elle soit toute écoulée.

Il est évident par ce qui a été dit ci-dessus, que si A B C D est un vaisseau plein d'eau aiant une ouverture en E, l'eau qui est à côté comme en F, étant poussée par toute l'eau supérieure, sera pressée vers l'ouverture avec plus de force que celle qui est au-dessus perpendiculairement comme en I. Si le point G est plus éloigné du point E que le point F, on en verra l'expérience en y laissant tomber un petit morceau de papier tortillé, & mouillé, ou quelqu'autre petit corps un peu plus pesant que l'eau, comme des fragmens de scieures de bois: car dès qu'on ôtera le doigt qui soûtenoit l'eau en E, l'eau coulant sera suivie du papier en F; ce qui fera connoître que les parties de l'eau proche de ce petit corps y sont poussées de même que les autres parties qui sont les plus proches de l'ouverture, & qui sont compriſes dans une demi sphére comme Q H I L N; celles qui seront les plus proches, comme en M ou F, iront succéder à celles qui coulent plus vîte que les plus éloignées, comme H ou L, & beaucoup plus que celles qui sont comme en G ou plus haut en O. On en fera l'expérience en laissant tomber de petites parcelles de quelques matières dans l'eau avant que d'ôter le doigt: car on verra que celles qui seront en H ou L, & qui tomboient perpendiculairement, seront détournées pour aller par les rayons de la demi sphére I H E & L E avec une plus grande vitesse que de semblables petits corps qui seront en O ou en G. La même chose arrivera si l'ouverture est comme en P au lieu d'etre en E: car les petits corps qui seront dans la demi sphére K R S, y couleront dès qu'on aura ôté le doigt; c'est par cette raison que si on perce un tonneau de vin à un doigt au-dessus de la lie, & que le trou soit assez grand, les parties de la lie les plus proches monteront pour y passer, & rendront le vin trouble. Lorsque les ouvertures E ou P sont fort petites, la demi sphére ne s'étend pas si loin que quand elles sont grandes.

TAB. XV. Fig. 37.

Digitized by Google

III. RÉGLE.

LEs corps dont la peſanteur ſpécifique eſt plus grande que celle de l'eau, tomberont au fond.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 38. SOit A le corps plus peſant que l'eau: il deſcendra de la même maniére dans l'eau que dans l'air, ſinon qu'il deſcendra moins vîte: l'eau B qui ſera immédiatement au-deſſous, ſera pouſſée en-bas par ce corps, qui choquant l'autre plus bas la pouſſera à côté vers C & D en circonférence, & toute l'eau du vaiſſeau ſera miſe en mouvement; & quand le corps ſera deſcendu comme en B, il ſe fera d'autres tourbillons pour remplir la place qu'il quittera juſques à ce qu'il touche le fond.

IV. RÉGLE.

LEs corps dont la peſanteur ſpécifique eſt plus grande que celle de l'eau, perdent dans l'eau autant de leurs poids qu'en a l'eau dont ils occupent la place.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 39. SUſpendez le corps A B dans l'eau par la corde C D: ſuppoſé qu'on en ait ôté intérieurement la partie E, en ſorte que le reſte péſe autant que l'eau qui rempliroit tout l'eſpace A B ſi ce corps étoit ôté; il eſt évident qu'il ſera alors équilibre avec autant d'eau ſituée à côté, & par conſéquent qu'il ne péſeroit rien ſur la corde C D, non plus que ſi on la trempoit dans l'eau ſans le corps. Donc ſi l'on entend que la partie E y ſoit remiſe, tout le corps ne péſera ſur C D qu'autant que péſe la partie E; d'où il s'enſuit ce qui avoit été propoſé. De-là on peut trouver le moïen d'examiner la peſanteur ſpécifique de tous les corps qui péſent plus que l'eau, tant à l'égard de l'eau que des autres corps. Car ſoit, par exemple, le corps A B d'or; il faudra le peſer dans l'eau avec une balance l'attachant à l'un des baſſins par une cordelette, & mettant un poids d'égale peſanteur dans l'autre baſſin; on le laiſſera tremper enſuite entiérement dans l'eau, & s'il faut ôter $\frac{1}{19}$ du poids qui lui faiſoit équilibre dans l'air pour continuer l'équilibre lorſqu'il eſt dans l'eau, on connoîtra que la peſanteur ſpécifique de l'or eſt à celle de l'eau comme 18 à 1; & ſi le corps eſt de plomb, & qu'il faille ôter $\frac{1}{11}$ du poids qui lui faiſoit équilibre dans l'eau, on connoîtra que la peſanteur ſpécifique de l'eau à l'égard du plomb eſt comme 1 à 11, & enſuite que celle de l'or à l'égard du plomb eſt comme 18 à 11. De-là on

Digitized by Goog

on pourra connoître ſi une piéce d'or eſt fauſſe ſans l'altérer : car ſi dans une ſemblable expérience elle perd dans l'eau $\frac{1}{13}$ ou $\frac{1}{14}$ de ſon poids, on jugera qu'il y a d'autres métaux mêlés en aſſez grande quantité, comme le tiers ou la moitié, & qu'elle eſt fauſſe; mais ſi elle ne perdoit que $\frac{1}{17}$, on pourroit la prendre pour bonne, parce qu'il y auroit très-peu de mélange. Que ſi l'on ſuſpend dans un ſeau avec une corde un grand corps cylindrique de verre ou de métail, en ſorte qu'il le rempliſſe à peu près ſans toucher le bord ni le fond, & qu'on y verſe de l'eau pour remplir les vuides juſques à la hauteur du corps cylindrique; alors celui qui ſupportoit le ſeau facilement avant qu'on y eût mis l'eau, aura de la peine à le ſupporter, car il péſera autant que s'il étoit plein juſques à la hauteur de ce corps après qu'il ſeroit ôté; & celui qui ſoûtenoit la corde, ſera déchargé d'autant de poids que ſeroit le poids de l'eau dont le corps cylindrique occupe la place: la raiſon eſt, qu'alors ce corps ſuivroit les mêmes régles que les corps qui ſont ſoûtenus dans l'eau, dont le poids diminue du poids d'un pareil volume d'eau que celui qu'ils occupent; & par conſéquent celui qui ſoûtiendroit la corde, ſe ſentiroit déchargé d'un poids égal au poids de l'eau d'un pareil volume que le corps cylindrique, & l'autre qui auroit la main ſous ce ſeau, outre le poids du ſeau ſoûtiendroit autant de poids que celui dont l'autre ſe ſentiroit déchargé, & encore celui du peu d'eau qu'on y auroit verſée.

Quelquefois les corps plus légers que l'eau vont au fond par une cauſe aſſez facile à expliquer: en voici une expérience. Aïez un verre cylindrique de 7 ou 8 pouces de hauteur & de trois ou quatre de largeur, comme ABCD, qui ait une ouverture E au milieu du fond, d'environ 3 lignes: emplilez le verre d'eau tenant le doigt ſous E, & mettez au-deſſus de l'eau une petite balle de cire F qui puiſſe paſſer par l'ouverture E: & lorſque l'eau ſera calme & arrêtée, ôtez le doigt, & laiſſez couler l'eau, la cire deſcendra de même que la ſurface de l'eau, & paſſera par E avec la dernière eau. Mais ſi vous donnez un grand mouvement circulaire à l'eau, ſoit en la verſant de travers contre les bords du verre ou autrement; lorſque vous ôterez le doigt de l'ouverture, vous verrez deſcendre la balle incontinent après que l'eau aura commencé à couler, & faire un vuide dans le milieu de l'eau où l'air s'inſinue comme depuis II juſques à E; & ce vuide ne ſe remplit point que toute l'eau ne ſoit écoulée, & l'on voit toûjours comme une colomne d'air torſe depuis le haut de l'eau juſques à l'ouverture E. TAB. XV. Fig. 40.

Cet effet s'explique en cette manière: L'eau qui eſt dans la demi ſphére CILMD eſt pouſſée vers E, lorſque l'eau eſt calme & ſans mouvement conſidérable, comme il a été prouvé; & elle ſuccéde à celle qui ſort avant que celle qui eſt vers II, y ſoit deſcendue: mais lorſque l'eau a un grand mouvement circulaire, les parties latérales vers M & I ou *r* & *ſ* ne peuvent arriver vers E qu'après 4 ou 5 tours en ſpi-

rale, & même elles ſont portées vers les bords du verre à cauſe qu'elles ſont pouſſées ſelon les tangentes des cercles qu'elles décrivent: d'où il arrive que la colomne entière F E y tombe d'abord, & y paſſe toute avec la petite balle de cire qui eſt au-deſſus; & parce que l'eau qui eſt à côté de cette colomne qui s'eſt écoulée, ne peut pas remplir ſa place aſſez vîte à cauſe de ſon mouvement circulaire qui n'y a pas ſa direction, il eſt néceſſaire que l'air ſupérieur par ſon poids & ſon reſſort s'y inſinue, & y demeure toûjours juſques à la fin de l'écoulement.

Il arrive quelquefois que la petite balle n'eſt pas directement ſur la colomne, & alors elle eſt portée un peu à côté entre deux eaux; même ſi elle revient vers le milieu, la colomne d'air la repouſſe par ſon reſſort juſques vers les bords du verre: mais enfin elle entre dans la colomne vuide, & paſſe enſuite par l'ouverture en tournoïant très-vite avant que la moitié de l'eau ſoit écoulée.

C'eſt par les mêmes raiſons, que s'il y a une grande ouverture ſous le fond d'une eau profonde, ſoit d'une rivière ou de la mer, par où l'eau s'écoule vers des lieux éloignés plus bas, comme on dit que la mer *Caſpienne* s'écoule dans le *Pont-Euxin*, l'eau entraîne les vaiſſeaux qui paſſent par-deſſus ce gouffre: car l'eau y tombant de biais prend toûjours ſon mouvement tournoïant, & fait le même effet à l'égard des vaiſſeaux qui paſſent par-deſſus, que l'eau tournant dans le verre A B C D à l'égard de la balle de cire. On dit auſſi qu'il y a dans quelque mer proche de la *Suéde* un ſemblable tournoïement d'eau où les vaiſſeaux s'abaiſſent, & qu'on en a vû quelquefois les débris en un endroit d'une mer voiſine qui eſt plus baſſe. Il eſt aiſé de juger que l'eau emploïe plus de tems à s'écouler par l'ouverture E quand elle tourne en rond, que quand elle ne tourne point, puiſqu'au premier cas l'air occupe une partie de cette ouverture.

SECOND DISCOURS,

De l'Equilibre des corps fluides par le reſſort.

L'Air & la flamme agiſſent par leur reſſort pour faire équilibre avec les autres corps. Le reſſort de l'air ſe manifeſte par pluſieurs expériences; ſoit dans les barométres, où il ſe dilate beaucoup; ſoit dans les arquebuſes à vent, où il ſe condenſe extrémement: mais il eſt très-difficile de bien expliquer ces dilatations & ces condenſations. Pour en donner quelque idée, on peut conſidérer toute l'étenduë de l'air de bas en haut, comme un grand amas d'éponges ou de balles de cotton, dont les plus hautes auroient leur étenduë naturelle: mais celles du deſſous étant preſſées par le poids des ſupérieures ſe réduiroient à une très-petite épaiſſeur, & elles reprendroient leur premiére dilatation, lorſqu'el-

que elles ſeroient déchargées du poids des autres. Suivant cette hypothèſe on peut dire que l'air d'ici bas fait équilibre par ſon reſſort avec le poids de tout le reſte de l'air dont il eſt chargé: en ſorte que ſi cet air ſupérieur devenoit plus peſant, ou qu'on y en mit davantage, l'air inférieur ſe condenſeroit un peu plus qu'il n'eſt; & ſi le ſupérieur devenoit moins peſant, ou s'il avoit moins d'étenduë, l'inférieur ſe dilateroit davantage. On peut comparer auſſi le reſſort de l'air à un reſſort d'acier qui ſe preſſe, & ſe ſerre davantage quand on le charge d'un plus grand poids, & qui ſe reléve & s'étend quand on ôte une partie du poids: & comme on peut dire qu'un reſſort d'acier étant preſſé & réduit à une certaine figure par un poids, fait équilibre dans cet état avec ce poids; on peut dire de méme que l'air d'ici bas condenſé comme il eſt, fait équilibre par ſon reſſort avec tout le poids de l'atmoſphére.

Pluſieurs expériences font voir que la condenſation de l'air ſe fait ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé: en voici une aſſez facile. Prenez un tuyau de verre recourbé ABC, fermé au bout C, & ouvert à l'autre: verſez-y un peu de mercure juſques à la hauteur horiſontale DE, afin que l'air enfermé CE ne ſoit ni moins ni plus dilaté que celui qui eſt dans l'autre branche; car ſi le vif-argent étoit un peu plus haut dans une des branches que dans l'autre, l'air y ſeroit moins preſſé. Il faut que la hauteur EC ſoit médiocre, comme de 12 pouces, telle qu'on l'a ſuppoſée en cette figure; & l'autre DA, tant grande qu'on pourra. Le mercure étant donc de part & d'autre à la méme hauteur vers D & E, & n'y aiant plus de communication de l'air EC avec celui de DA; verſez par le bout A avec un petit entonnoir de verre, du mercure nouveau, prenant garde de ne point faire entrer d'air dans l'eſpace CE: vous remarquerez, que le mercure montera peu à peu vers C, & condenſera l'air qui étoit en CE; & que ſi EF eſt de ſix pouces, FG étant une ligne horiſontale, le mercure ſera monté dans l'autre branche juſques en H, ſi ce point eſt diſtant de 28 pouces du point G, & que les barométres ſoient alors à la hauteur de 28 pouces dans le lieu de l'obſervation; car s'ils n'étoient qu'à 27 & demi, auſſi GH ne ſeroit que de 27 pouces & demi. Or en cet état l'air en FC eſt preſſé par le poids de l'atmoſphére qu'on ſuppoſe égal à celui de 28 pouces de mercure, & encore des 28 pouces qui ſont en l'eſpace GH; & par conſéquent il eſt chargé d'un poids double de celui dont eſt chargé l'air, qui eſt dans le lieu où ſe fait l'expérience, & qui eſt ſemblable à celui qui étoit en EC avant qu'il fût condenſé par le poids du mercure GH. On verra donc manifeſtement dans cette expérience, que l'air EC aura ſuivi en ſa condenſation la proportion des poids. On trouvera la même proportion dans les autres expériences en faiſant le calcul en cette ſorte: Il faut prendre pour premier terme la ſomme du poids de l'atmoſphére & du mercure qui ſera monté

TAB. XV. Fig. 41.

Digitized by Google

plus haut que le bas de l'air dans la branche EC; pour ſecond terme, le poids de l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, 28 pouces de mercure; pour troiſième, la diſtance EC; & le quatrième proportionnel ſera l'eſpace ou hauteur où ſe réduira l'air enfermé dans le tuyau EC: comme ſi l'air etoit ſeulement réduit à l'eſpace IC de 8 poûces, on trouveroit que le mercure ſeroit en l'autre tuyau ſeulement 14 pouces plus haut que la ligne horiſontale IL. Or ces 14 pouces avec les 28 de l'atmoſphére ſont 42: il faut donc dire ſuivant cette régle, comme 42 pouces eſt à 28 pouces, ainſi l'étenduë de l'air EC eſt à l'étenduë IC. Que ſi on vouloit réduire ce même air en l'eſpace MC de 3 pouces, qui eſt le quart de EC; il faudroit mettre 84 pouces de mercure dans la branche DA au-deſſus de la ligne horiſontale MN, & on trouveroit cette proportion par le calcul ſuivant: Comme MC 3 pouces eſt à ME 9 pouces, ainſi 28 pouces, poids de l'atmoſphére, eſt à 84: car en changeant, 84 ſera à 28 comme 9 à 3; & en compoſant, 84 plus 28, c'eſt-à-dire 112, ſera à 28 comme 9 plus 3, c'eſt-à-dire EC 12, à 3. Et ſi l'on veut ſçavoir quelle hauteur de tuyau il faudroit pour réduire cet air en l'eſpace OC d'un pouce, il faut dire, comme OC un pouce eſt à OE 11 pouces, ainſi 28 pouces de mercure, poids de l'atmoſphére, à 308; & 308 ſera la hauteur verticale qu'il faut donner au mercure au-deſſus du point O ou P: par où l'on connoîtra que pour faire cette expérience il faut que la branche DA ſoit plus haute que 308 pouces, c'eſt-à-dire, qu'il faut qu'elle ſoit d'environ 320 pouces, afin qu'il reſte un eſpace au-deſſus du mercure pour empêcher qu'il ne verſe.

TAB. XV. Fig. 14. La même choſe arrivera ſi la branche EC eſt beaucoup plus large ou beaucoup moindre que la branche DA. Car ſi l'on y verſe du mercure juſques à ce qu'il monte à la hauteur GF, GH hauteur du mercure dans l'autre branche ſera de 28 pouces: car comme le mercure DG fait l'équilibre avec le mercure EF, quoiqu'en beaucoup plus grande quantité, comme il a été prouvé ci-devant à l'égard de l'eau, auſſi le reſſort de l'air en FC ſera équilibre avec le mercure GH, puiſqu'il le ſoûtiendroit ſi GH étoit de même largeur que FC; & par conſéquent il fait autant d'effet que ſi la branche EC étoit auſſi haute que l'autre, & qu'il y eût du mercure juſques à la même hauteur H: j'en ai fait les expériences ſuivantes: Aiant fait verſer du mercure juſques à L, qui étoit le tiers de EC, il s'en trouva 14 pouces moins $\frac{1}{3}$ au-deſſus de IL dans l'autre branche; & il s'y en trouva 27 pouces $\frac{2}{3}$ au-deſſus de GF, quand l'eſpace EF moitié de EC en fut plein; & y en aiant fait mettre juſques à 44 pouces $\frac{1}{3}$ au-deſſus de NM, MC ſe trouva de trois parties $\frac{1}{7}$ un peu plus de telles parties que EC en contenoit 10; ce qui fait toûjours la même proportion, car les barométres étoient alors à 27 pouces $\frac{1}{3}$. Par de ſemblables raiſons ſi la branche EC étoit beaucoup plus étroite que l'autre, l'air qui y ſeroit enfermé, ſe-

ſeroit de ſemblables équilibres par ſon reſſort avec le mercure de l'autre branche. On verra les mêmes proportions lorſque l'air ſera plus raréfié que celui du lieu où ſe fait l'expérience; ce qu'on éprouvera en cette ſorte:

Aïez un baromètre AB de telle grandeur que vous voudrez, comme, par exemple, de 38 pouces; faites-y une marque à un point comme Z, à un pouce au-deſſus du bout ouvert B, afin que ce bout étant plongé dans le mercure du petit vaiſſeau CDE juſques à cette marque, il reſte 37 pouces au-deſſus. Empliſſez le tuyau de mercure, & y laiſſez 9 pouces d'air, afin que quand le tuyau ſera renverſé, comme on le voit en la figure, & ſoûtenu avec le doigt, il y ait 9 pouces d'air au haut du tuyau. Alors ſi vous trempez le doigt avec le bout du tuyau dans le mercure du petit vaiſſeau, & que vous ôtiez enſuite le doigt, le mercure deſcendra & s'arrêtera après quelques balancemens à 21 pouces; ce qui doit arriver pour conſerver la proportion des poids & des condenſations expliquées ci-devant; & on peut le prouver en cette ſorte: TAB. XV. Fig. 43.

DÉMONSTRATION.

SOit le tuyau AB de 38 pouces; ZB d'un pouce; AH de l'air enfermé au-deſſus du mercure IIB de telle étenduë qu'on voudra, ſoûtenu avec le doigt en B. Je dis premièrement, que ſi on ôte le doigt, le mercure deſcendra: car d'autant que l'air AH eſt condenſé de la même manière que celui du lieu où ſe fait l'expérience, il doit faire par ſon reſſort équilibre avec tout le poids de l'atmoſphère, comme il a été éprouvé; & étant joint avec le poids du mercure en ZH, ces deux puiſſances enſemble ſurpaſſeront le poids de l'atmoſphére, & il faudra de néceſſité que l'air AH ſe dilate, & qu'une partie du mercure deſcende: mais il ne deſcendra pas entiérement; car s'il deſcendoit entiérement, l'air AH ſe dilateroit beaucoup, & en cet état il ne pourroit plus faire équilibre avec le poids de l'atmoſphére: d'où il ſuit qu'une partie du mercure doit demeurer dans le tuyau. Je dis encore, que ſi AH eſt de 9 pouces, qu'il ſe dilatera & repouſſera le mercure, en ſorte qu'il demeurera élevé de 16 pouces au-deſſus de la ſurface ſupérieure du mercure FZG. Soit cette élévation ZL: or alors il y aura équilibre entre le poids de toute la colomne d'air de l'atmoſphére, & le reſſort de l'air dilaté AL joint au poids des 16 pouces de mercure ZL; & parce que le complément de 16 à 28 eſt 12, l'air dilaté AL ſera équilibre par ſon reſſort au poids de 12 pouces de mercure qui reſtent pour le poids de l'atmoſphére au-delà des 16 pouces: mais comme 28 à 12, ainſi AL de 21 pouces eſt à 9. D'où il ſuit que le mercure doit demeurer à 16 pouces d'élévation au-deſſus de la marque Z, lorſqu'on laiſſe 9 pouces d'air dans le tuyau au-deſſus du mercure, à cauſe que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt char-

chargé. Que ſi le mercure dans une autre expérience ſe mettoit à 21 pouces, on pourra juger ſuivant la même régle, que puiſque ces 21 pouces de mercure ſont équilibre avec les ¾ du poids de l'air, le quart reſtant qui doit valoir 7 pouces, ſera ſoûtenu par le reſſort de l'air raréfié qui eſt renfermé dans le tuyau, ſelon la diſtinction de l'équilibre des reſſorts. Or 28 pouces de mercure, poids entier de l'atmoſphere, eſt à 7 pouces comme 16 pouces d'air dilaté eſt à 4 pouces d'air; d'où l'on jugera qu'il faut laiſſer 4 pouces d'air dans le tuyau au-deſſus du mercure, afin qu'il ſe mette à 21 pouces, & que l'air ſe dilate à 16 pouces. Que ſi on veut réduire le mercure à 14 pouces, qui eſt la moitié du poids de l'atmoſphére dans le même tuyau au-deſſus de la marque Z, il faut conſidérer qu'il reſtera 23 pouces juſques à A, & que l'air dilaté de 25 pouces doit faire équilibre par ſon reſſort à la moitié reſtante du poids de l'atmoſphére. Il faudra donc dire, que comme 28 eſt à 14, ſupplément de 14 à 28, ainſi 23 d'air dilaté qui remplit le tuyau au-deſſus des 14 pouces, eſt à 11½: ce qui fera connoître qu'il faut laiſſer 11 pouces & demi d'air au-deſſus du mercure dans le tuyau de 38 pouces avec l'expérience; & il paroîtra manifeſtement que le reſſort de l'air enfermé ne faiſant alors équilibre qu'avec la moitié du poids de l'air de l'atmoſphére, puiſque les 14 pouces de mercure ſont équilibre avec le reſte, il ſe ſera raréfié en proportion double. Et par toutes ces expériences on pourra juger en ſe ſervant de la régle expliquée ci-devant, quelle quantité d'air il faudra laiſſer dans un tuyau grand ou petit, afin que le mercure s'y mette à telle hauteur qu'on voudra. Car quand le tuyau ſeroit ſeulement de ſix pouces au-deſſus de la marque Z, on trouvera les mêmes proportions en faiſant le calcul de même: comme, par exemple, ſi 2 pouces eſt la hauteur donnée du mercure, & qu'on ait trouvé que comme 28 eſt à 26, complément de 2 à 28, ainſi 4 eſpace de l'air dilaté au-deſſus des deux pouces de mercure eſt à 3 ⅐; 3 pouces ⅐; ſera la quantité d'air qu'il faudra laiſſer dans le tuyau, afin que le mercure ſe mette à deux pouces de hauteur dans un tuyau de 7 pouces, plongé d'un pouce dans le mercure du vaiſſeau.

Que ſi la quantité de l'air enfermé dans le tuyau étoit donnée, & qu'on voulût ſçavoir à quelle hauteur demeureroit le mercure après l'expérience, on pourra ſe ſervir du calcul algébrique, en y appliquant les mêmes régles, comme je l'ai enſeigné dans l'*Eſſai de Logique*, & dans le Traité de la *Nature de l'air*.

On trouvera de ſemblables équilibres du reſſort de l'air dans les tuyaux pleins d'eau & d'air, en ſuppoſant que le plus grand poids de l'atmoſphére eſt egal au poids de 31 pieds d'eau; ce qu'on a trouvé par expérience: car le barométre étant a 27 pouces 8 lignes, le barométre d'eau étoit à 31 pieds 1 pouce; & etant à 28 pouces, l'autre étoit à 31 pieds 4 pouces; & s'il eût été à 28 pouces 7 lignes, comme il s'y met quelquefois, l'eau auroit été à 32 pieds. Si le tuyau eſt de 40 pieds, & qu'on

qu'on veuille réduire l'eau à 16 pieds, il faudra mettre 12 pieds d'air au-deſſus de l'eau; car l'air ſe dilatant au double, & occupant 24 pieds, il ſera équilibre par ſon reſſort avec la moitié du poids de l'atmoſphére, & les 16 pieds d'eau qui reſtent, feront équilibre avec l'autre moitié. On ſuppoſe qu'une petite partie du tuyau étant plongée dans l'eau où on le trempe, pour faire l'expérience de même que celle du mercure, il en reſte 40 pieds au-deſſus.

De-là on voit manifeſtement, que ſi on plonge dans de l'eau fort profonde une bouteille renverſée pleine d'air, aiant des poids autour de ſon goulet ſuffiſant pour la faire aller au fond, lorſqu'on la deſcendra peu à peu, l'eau y entrera & montera peu à peu dans le goulet; & que quand elle ſera deſcendue à 32 pieds de profondeur, l'eau qui y entrera, réduira l'air à la moitié de l'étenduë qu'il avoit dans la bouteille avant que de la plonger; ce que j'ai expliqué plus amplement dans l'Eſſai de la *Nature de l'air*.

On voit encore l'erreur de ceux qui croïent que dans une pompe on peut faire monter l'eau juſques à 32 pieds en l'atirant avec un piſton, puiſque ſelon le jeu du piſton on ne peut l'élever qu'à une certaine hauteur déterminée. Car ſoit, par exemple, un corps ou tuyau de pompe uniforme de 20 pieds, aiant au-deſſus de 20 pieds un piſton de même largeur, & qui ne puiſſe être élevé & baiſſé que de l'eſpace d'un pied; je dis que s'il y a une ſoupape au bas de la pompe, & qu'on faſſe jouer le piſton, l'eau ne pourra pas s'élever juſques à 12 pieds. Car, qu'elle ſoit élevée s'il eſt poſible à 11 pieds, ou qu'on verſe ſur la ſoupape de l'eau juſques à 11 pieds de hauteur, & qu'on raccommode le piſton; il reſtera 9 pieds d'air juſques au piſton; & cet air qui ſe raréfiera en élevant le piſton d'un pied, ne pourra être raréfié que comme 9 à 10; & parce que 21, complément de 11 pieds à 32, qui eſt le poids de l'atmoſphére, eſt à 32, comme 9 à 13 $\frac{1}{7}$, il faudroit pour ſoûtenir l'eau à 11 pieds, que le piſton s'élevât à 4 pieds $\frac{1}{7}$ pour faire l'équilibre entre le poids de l'atmoſphére, & le reſſort diminué de l'air enfermé joint au poids des 11 pieds d'eau; comme il a été expliqué ci-devant. D'où il s'enſuit que par l'élévation du piſton à un pied ſeulement, la ſoupape ne s'ouvrira point, & l'eau ne montera pas plus haut que les 11 pieds.

Pour donner des régles de ces élévations d'eau dans les pompes, on ſe ſervira du calcul algébrique en cette manière: On appellera A la hauteur où doit monter l'eau dans le tuyau de pompe par le jeu du piſton, faiſant abſtraction du poids de la ſoupape. Soit le tuyau de pompe au-deſſus de la ſurface de l'eau qu'on veut élever de 12 pieds, & ſuppoſé qu'on la veuille élever juſques à ces 12 pieds par un ſeul coup de piſton, on fera cette analogie: Comme 20, complément de 12 pieds à 32, eſt à 32, ainſi 12 pieds d'air ordinaire à un 4e. proportionnel; ce 4e. proportionnel ſera 19 $\frac{1}{7}$; ce qui ſera voir qu'il faudroit que le tuyau de pompe fût aſſez grand pour élever le piſton juſques à 19 pieds $\frac{1}{7}$ au-

deſſus de douze pieds pour faire monter l'eau juſques à 12 pieds par un ſeul coup de piſton. Mais ſi le jeu du piſton étoit limité à 2 pieds, on dira: Comme 32—A eſt à 32, ainſi 12—A eſt à 14—A; le premier terme eſt le complément de la hauteur inconnue où montera l'eau, à 32 pieds d'eau qui eſt le poids de l'atmoſphére; le 3e. terme eſt les 12 pieds moins cette hauteur; & le 4e. eſt les 2 pieds où le piſton s'éléve joint aux 12 pieds moins la méme hauteur. Or le produit de 14—A par 32—A eſt 448 —46 A + A A, & le produit des deux termes du milieu eſt 384—32 A; l'équation étant réduite il y aura égalité entre A A & 14 A—64; & parce qu'on ne peut ôter de 49 quarré de 7 moitié des racines, 64, c'eſt une marque qu'en continuant de pomper on fera monter à pluſieurs fois l'eau juſques au piſton; & pour ſçavoir combien elle montera au premier coup, il faut ſuppoſer que le piſton ſoit élevé de deux pieds: il y aura donc un tuyau uniforme de 14 pieds. Et ſuivant ce qui a été dit dans l'Eſſai de *Logique*, & le Traité de la *Nature de l'air*, on fera ce calcul: L'air enfermé étoit de 12 pieds; 12 pieds + A eſt à A, comme 32 à 2—A; l'équation étant réduite, on trouvera que A A ſera egal à 24—42 A, & enfin que la valeur de la racine ſera un peu moins de $\frac{1}{2}$, laquelle ôtée de 2 reſtera 1 $\frac{1}{2}$ un peu plus; & par conſéquent l'eau ne montera par le premier coup de piſton, qu'à 1 pied $\frac{1}{2}$ un peu plus.

Si on avoit ſuppoſé le jeu du piſton d'un pied, on ſçauroit par le méme calcul juſques où l'eau s'éléveroit par le premier coup de piſton. Et ſi l'on veut ſçavoir juſques où elle peut s'élever après pluſieurs coups, il faut dire: Comme 32—A eſt à 32, ainſi 12—A eſt à 13—A; l'équation étant réduite on trouvera 13 A 32 égal à A A: le quarré de 6 $\frac{1}{2}$ moitié des racines eſt 42 $\frac{1}{4}$, dont ôtant 32 reſte 10 $\frac{1}{4}$, dont la racine eſt 3 & $\frac{1}{24}$ un peu moins; ôtez-la de 6 $\frac{1}{2}$, reſte 3 & $\frac{7}{24}$; ajoûtez-la à 6 $\frac{1}{2}$, ce ſera 9 $\frac{17}{24}$, & ces nombres 3 $\frac{7}{24}$ & $\frac{17}{24}$ feroient les 2 raçines; ce qui ſera voir que jamais l'eau ne peut monter quand le tuyau eſt vuide, qu'à trois pieds & $\frac{7}{24}$ un peu plus, encore qu'on faſſe jouer le piſton tant qu'on voudra: mais que ſi l'on avoit rempli le tuyau juſques à 9 pieds $\frac{17}{24}$, on acheveroit de faire monter l'eau juſques à 12 pieds par pluſieurs coups de piſton.

Suppoſons maintenant que le tuyau juſques au piſton ſoit 14 pieds, & que le jeu du piſton ſoit de 2 pieds; 32—A ſera à 32 comme 14—A à 16—A. Pour trouver facilement l'équation, il faut multiplier 32 par deux, différence de 14 & de 16; le produit eſt 64 pour le nombre abſolu, & 16 A ſera le nombre des racines, & A A ſera égal à 16 A—64; le quarré de la moitié des racines eſt 64, dont ôtant 64, reſte zero, dont la racine eſt zero, qui ôté & ajoûté à 8, fait toûjours 8; ce qui marque qu'il n'y a qu'une racine & que l'eau ne peut monter qu'à 8 pieds: mais que ſi peu qu'on faſſe jouer le piſton plus haut que les deux pieds, l'eau montera juſques à 14 pieds. L'analogie eſt facile: car

car le piſton étant monté à 2 pieds, le tuyau ſera de 16 pieds, & l'eau étant à huit pieds, il reſtera 6 pieds d'air: mais 32 eſt à 24, complément de 8 pieds à 32, comme 8 pieds d'air dilaté à 6 pieds d'air commun; donc l'eau ne montera pas plus haut que les 8 pieds ſi le piſton ne joue que de 2 pieds.

De-là on voit que pour faire monter de l'eau par aſpiration à une hauteur conſidérable comme de 20 pieds, il faut diminuer le tuyau de pompe de largeur, & donner un jeu ſuffiſant au piſton: car ſuppoſé, que la ſurface du piſton ſoit 4 fois plus large que la baſe du tuyau, un pied d'élévation du piſton en vaudra 4 ſi le piſton n'étoit pas plus large; ſi donc le jeu eſt d'un pied & demi, ce ſera de même que ſi on l'élevoit à 6 pieds étant de même largeur. Or les 4 termes de l'équation étant de 32——A, 32, 20——A, 26——A; il y aura 6 fois 32, ſçavoir 192 pour un terme de l'équation, & l'autre 26 A, ſuivant ce qui vient d'être dit: ce ſera donc A A égal à 26 A moins 192; le quarré de la moitié des racines eſt 169 moindre que 192; & par conſéquent en pompant longtems, on fera monter l'eau juſques à 20 pieds.

Si dans l'exemple ci-deſſus on prend les 8 pieds pour le plus haut terme de l'eau: quand le tuyau eſt de 14 pieds & le jeu du piſton 2 pieds, il eſt aiſé de prouver que ſi l'on ſuppoſe 9 pieds d'eau ſur la ſoupape, elle achevera de monter par le jeu du piſton à 2 pieds; car il reſtera 5 pieds d'air. Or il y a moindre raiſon de 5 à 7 que de 27, complément de 5 à 32, à 32; & par conſéquent l'eau montera plus haut que les 9 pieds. La proportion ſera toûjours plus inégale en prenant 10 pieds ou 11 pieds, & ſi l'on prend 7 pieds au lieu de 8 pieds, l'eau montera encore; car il reſtera 7 pieds d'air: or 25, complément de 7 à 32, eſt à 32 comme 7 à 8 $\frac{27}{25}$. Donc ſi le piſton va juſques à 2 pieds, il fera monter l'eau plus haut que les 7 pieds. Elle montera encore plus aiſément ſi on n'en verſe que juſques à 6 pieds; car il y aura 8 pieds d'air: or 26 complément eſt à 32 comme 8 à 9 $\frac{25}{26}$. Donc ſi au lieu de 6 $\frac{25}{26}$ qui fait l'équilibre, le piſton va juſques à 10 pieds, il fera encore mieux monter l'eau que quand elle étoit à 7 pieds, & encore mieux quand elle ſera à 5 pieds &c. Si on vouloit ſçavoir quel jeu de piſton ſeroit néceſſaire pour faire monter l'eau à 30 pieds, il faut prendre un nombre un peu plus grand que la moitié de 30, comme 16, où ſera à peu près la plus grande difficulté d'élever l'eau: le complément eſt 16: le reſte de l'air eſt 14: comme ſeize à 32 ainſi 14 à 28: il faudra donc que le piſton s'éléve de 14 pieds, ou que ſi le tuyau a 2 pouces de diamétre, celui du piſton ſoit de 7 pouces $\frac{1}{2}$; car le quarré de 7 $\frac{1}{2}$ eſt 56 $\frac{1}{4}$, qui eſt un peu plus que 14 fois 4 quarré de 2 pouces, & alors il ſuffira que le jeu du piſton ſoit d'un pied: mais comme à 18 pieds l'élévation eſt encore plus difficile, il faudra 8 pouces de diamétre au piſton, afin que ſon jeu étant d'un pied, il éléve l'eau plus haut que les 18 pieds. On explique facilement par la méme force du reſſort de l'air l'expérience ſuivante, qui eſt aſſez curieuſe:

TAB. XV. Fig. 44.

Aïez un tuyau AG fermé par en-bas, large d'environ 12 ou 15 lignes, mais un peu plus étroit vers A, afin qu'on le puiſſe fermer exactement avec le pouce; empliſſez-le d'eau, & y mettez quelque petite figure de verre ou de cuivre, creuſe au dedans, & percée comme en D d'un petit trou à mettre une épingle, afin que l'air & l'eau y puiſſent entrer, & que ſa peſanteur à l'égard de l'eau ſoit ſi bien proportionnée, que ſi on ajoûte un petit poids, elle aille au fond, & que ſi on l'ôte, elle nage au dedans comme de la cire. Appliquez le doigt ſur le bout ouvert A & le preſſez bien fort; la petite figure deſcendra juſques en B ou plus bas & juſques au fond: relevez le pouce, elle remontera; & ſi étant remontée comme en E ou C, on remet le pouce, elle recommencera à deſcendre. La cauſe de ces effets eſt, que lorſqu'on preſſe l'eau avec le pouce, on preſſe auſſi l'air qui eſt dans la figure, & on le condenſe quoiqu'on ne condenſe pas l'eau; & par conſéquent on fait entrer un peu d'eau dans la figure par le petit trou D; ce qui fait que ſa peſanteur ſpécifique eſt alors plus grande que celle de l'eau, & elle deſcend: mais lorſqu'on léve le pouce, l'air enfermé repouſſe l'eau par ce méme trou par la vertu de ſon reſſort qui eſt mis en liberté; & reprenant ſa dilatation, la figure avec l'eau & l'air enfermé reprend ſa premiére diſpoſition & remonte. Que ſi on léve le pouce bien vîte, une petite partie de l'air ſortira ſoudainement avec l'eau par le petit trou; & l'un & l'autre fera par ſon choc contre l'eau du tuyau pirouetter la figure. Il arrive quelquefois qu'il ſort trop d'air de la figure, & qu'étant au fond elle ne peut remonter quoiqu'on ait levé le pouce: alors il faut plonger le pouce bien avant dans le tuyau, & le retirer en ſorte qu'il rempliſſe le canal exactement, afin qu'il n'y entre point d'air extérieur en la place du pouce; & il arrivera que l'air de la figure étant alors beaucoup moins preſſé ſe dilate beaucoup plus qu'à l'ordinaire, & fait ſortir plus d'eau par la petite figure; ce qui la rendra plus légére & la fera monter en haut, pourvû qu'on tienne toûjours le pouce dans le tuyau ſans l'ôter entiérement. Quelquefois le poids de la figure & de l'air qui y eſt enfermé, eſt ſi bien proportionné à la peſanteur ſpécifique de l'eau, qu'en mettant le pouce en A, la figure deſcend comme juſques en F, & en relevant le pouce elle remonte: mais ſi on la fait deſcendre comme juſques en B, & qu'on léve le pouce, elle acheve de deſcendre; ce qui procéde de ce que le poids de l'eau AC ne preſſe pas aſſez l'air de la petite figure pour y faire entrer de l'eau ſuffiſante pour la rendre d'une peſanteur ſpécifique égale à celle de l'eau, & que le poids de l'eau AB preſſe aſſez l'air pour cet effet; ce qui la fait deſcendre juſques au fond, où le poids de l'eau étant encore plus grand, fait condenſer l'air de la petite figure plus qu'auparavant, & y fait entrer un peu plus d'eau; d'où il arrive qu'on à plus de peine à la faire remonter. De-là on voit l'erreur de ceux qui croïent que l'eau & l'air ne péſent rien ſur les corps qui ſont au-deſſus, & le ju-

Digitized by Google

jugent ainſi parce que nous ne ſentons point le poids de l'air. Mais il faut conſidérer que notre corps eſt diſpoſé naturellement pour la preſſion de l'air telle qu'elle eſt ici-bas; c'eſt pourquoi nous n'en ſouffrons aucune incommodité. Mais ſi nous étions tranſportés en un air deux fois plus raréfié, la matiere aërienne qui ſeroit dans notre ſang & dans les autres parties de notre corps qui ſont fort chaudes, ſe remettroit en air, & ſeroit des bouillonnemens qui enfleroient notre corps, & nous ſeroient très-incommodes. On en voit l'expérience quand on enferme un oiſeau dans la machine du vuide; car quand on a réduit l'air à une dilatation double ou triple de celle qu'il a près de la terre, l'oiſeau meurt en peu de tems, à cauſe que ſon ſang chaud n'étant plus preſſé par le reſſort ordinaire de l'air, jette quantité de bulles de même que l'eau chaude qu'on y enferme en même tems. Que ſi au contraire on étoit dans un air qui fût doublement condenſé, on en ſouffriroit beaucoup, quoiqu'on eût de la peine à reſſentir ſon preſſement; parce que ſi d'un côté il preſſoit la poitrine pour empêcher la reſpiration, d'autre côté l'air qui y entreroit par la reſpiration aiant un reſſort, empêcheroit l'action de l'air externe. D'où il s'enſuit, que ceux qui vont 7 ou 8 pieds ſous l'eau, n'en doivent reſſentir aucun poids ſenſible, parce qu'elle les preſſe également de tous côtez, & que le poids de l'atmoſphére étant égal au poids de 32 pieds d'eau, ces huit pieds ajoûtés n'augmentent la preſſion que d'environ $\frac{1}{4}$; ce qui ne peut être bien ſenſible. Quelques-uns objectent contre ces raiſonnemens & ces effets du reſſort de l'air, que lorſqu'on ſe ſert d'un tuyau percé par les deux bouts pour faire les expériences de l'air enfermé au-deſſus du mercure, & que quelqu'un ferme le bout ſupérieur du tuyau avec le doigt pour empecher la communication de l'air avec celui qui eſt enfermé; il arrive que lorſqu'on fait l'expérience, il ſemble à celui qui ferme le bout ſupérieur, que ſon doigt ſoit comme ſucé & attiré par le mercure qui deſcend, & même il en reçoit de la douleur comme d'un pincement. D'où ils concluent que l'air dilaté dans le tuyau ne fait pas effort pour ſoûtenir une partie de l'air de l'atmoſphére, puiſqu'il appuïeroit contre ce doigt & le repouſſeroit plûtôt que de l'attirer. Pour ſatisfaire à cette difficulté, il faut conſidérer que lorſqu'on enferme quelques cors, comme une pomme ridée, dans les machines du vuide, & qu'on a pompé une grande partie de l'air qui y étoit enfermé, ces corps s'enflent & ſe dilatent; & que ſi on y avoit enfermé la moitié du doigt par le moïen d'une veſſie coupée par les deux bouts ou par quelqu'autre moïen, cette partie du doigt s'enfleroit extrémement, & on y ſentiroit beaucoup de douleur. D'où il ſuit que la partie du doigt qui ferme le bout ſupérieur du tuyau du barométre, étant contigue à de l'air beaucoup dilaté, & le reſte étant preſſé par tout le poids de l'atmoſphére, cette petite partie doit s'enfler, & faire une grande convexité vers l'intérieur du tuyau; ce qui ne ſe peut faire ſans douleur; & plus l'air ſera raré-

raréfié dans le tuyau, plus cette enflure & cette douleur ſera ſenſible; & le foible repouſſement de cet air raréfié ne ſera pas ſuffiſant pour empêcher cette enflure du bout du doigt, puiſque le reſte qui eſt dans l'air libre, ſera beaucoup plus preſſé.

On peut encore objecter, que quand il y a 28 pouces de mercure ſuſpendu dans le tuyau, ſi on le ſoulève ſans le mettre hors du mercure, le vaiſſeau en ſent un poids égal à celui du mercure enfermé; ce qui ne devroit point être s'il faiſoit équilibre avec le poids de l'atmoſphére. On répond à cette difficulté, en diſant que l'air ſupérieur qui eſt au-deſſus du tuyau, n'a point alors d'autre air qui lui faſſe équilibre; car celui qui devroit le ſoûtenir au-deſſous du tuyau, ſoûtient le mercure qui y eſt: donc on doit ſoûtenir tout le poids de l'air ſupérieur qui péſe 28 pouces de mercure; & ſi le tuyau n'étoit que de quatorze pouces, & que le mercure y demeurât juſques au haut, alors on ne ſentiroit que quatorze pouces de mercure de poids, parce que l'air qui s'appuïe ſur le mercure du petit vaiſſeau, ſoûtiendroit ces 14 pouces, & feroit encore effort de 14 pouces vers le haut du tuyau intérieurement; ainſi il feroit équilibre avec la moitié du poids ſupérieur de l'air, & la main ſoûtiendroit le reſte.

La flamme peut faire auſſi équilibre par ſon reſſort avec les autres corps: mais comme il n'y a que la flamme de la poudre à canon qui puiſſe ſouffrir d'être comprimée ſans s'éteindre, & que cette flamme dure très-peu de tems, il eſt difficile de faire des expériences de ſon équilibre; & la force de ſon reſſort eſt ſi grande, qu'on n'a pu encore trouver de poids ſi grand qu'elle ne ſurmonte, puiſqu'elle peut renverſer des baſtions entiers & même des montagnes.

Pour entendre comme ſe fait un ſi grand effort, on peut ſuppoſer qu'il y ait une certaine quantité de poudre allumée qui remplifſe un tuyau aſſez large ſitué perpendiculairement, & qu'un grand poids dont la largeur occupe & remplit préciſément celle du tuyau en preſſant la flamme de cette poudre, la faſſe reſſerrer juſques à ce qu'étant réduite à un petit eſpace il ſe faſſe équilibre entre ce poids & le reſſort de la flamme, ſans qu'elle s'éteigne; ce qu'on peut concevoir ſe faire pendant l'eſpace d'une ſeconde: & en cet état le reſſort de cette flamme feroit équilibre avec le poids, en ſorte que ſi le poids étoit augmenté, cette même flamme ſe réduiroit à un plus petit eſpace, ſuppoſé qu'elle ne s'éteignît point; & ſon reſſort, qui ſeroit alors plus fort, ſeroit encore équilibre avec ce plus grand poids. Or ſi on conçoit qu'en ce moment il s'allume quelque quantité de nouvelle poudre, le reſſort de la flamme ſera augmenté, & le poids ne pouvant plus faire équilibre ſera pouſſé en haut, & étant une fois en mouvement la continuation de l'extenſion du reſſort de la flamme qui ſe développera & s'étendra de plus en plus, accélérera ſon mouvement de plus en plus, & enfin le pouſſera juſques bien haut dans l'air.

Cela

Cela ſuppoſé, il eſt aiſé de concevoir que ſi l'on met 10 ou 12 milliers de poudre dans une mine, & que toute cette poudre étant allumée puiſſe occuper une eſpace de 200 pieds de hauteur & de 100 pieds de largeur, il arrivera qu'il s'en allumera au commencement une petite quantité qui ne ſera pas ſuffiſante pour enlever tout le baſtion: mais parce que cette flamme a la propriété de ne point s'étouffer pour être preſſée, il s'en allumera 30 ou 40 fois davantage que ce qu'en pourroit tenir la chambre de la mine ſi elle étoit découverte; & alors ſi ſon reſſort eſt aſſez fort, elle commencera à élever la terre qui eſt au-deſſus, laquelle étant une fois en mouvement, & le reſte de la poudre continuant à s'enflammer & rempliſſant l'eſpace que la terre a quitté en commençant à s'élever, en ſorte que ſon reſſort ſoit encore plus fort que le poids de la terre qui eſt déja en mouvement, elle accélérera ſa viteſſe de plus en plus, & pouſſera enfin le baſtion en haut & à côté, ou du moins une partie, juſqu'à ce que toute la flamme ait acquis l'étenduë qui lui eſt naturelle dans l'air libre.

Un peu de poudre fait de ſemblables effets dans les canons; car elle s'allume ſucceſſivement, quoiqu'en très-peu de tems, ſans pouſſer le boulet, juſques à ce que le reſſort de la flamme preſſée ſurmonte la réſiſtance du boulet: & lorſqu'elle a commencé à l'émouvoir, le reſte de la poudre qui s'allume promptement, augmente ſon reſſort & accélére la viteſſe du boulet juſques à le pouſſer à 7 ou 800 toiſes.

De-là on voit qu'un canon de 20 pieds doit porter ſon boulet plus loin qu'un de 10 pieds, parce que la poudre a plus de tems pour s'allumer & augmenter ſon reſſort pendant que le boulet parcourt ces eſpaces.

On voit auſſi que ſi un gros de poudre allumée a la force d'ébranler un boulet qui ne ſoit pas bien joint au canon, il ne ſera pas pouſſé ſi loin que s'il étoit bien bouré & preſſé avec du liége ou autre choſe qui l'empêchât d'etre mis en mouvement juſques à ce qu'il y eût 2 ou 3 gros de poudre allumée: car en ce dernier cas le commencement de ſon mouvement ſeroit plus vîte & ſon accélération plus grande.

Par la méme raiſon la poudre étant bien fine & facile à être enflammée pouſſera le boulet plus loin que ſi elle eſt groſſière, parce qu'il s'en allume davantage pendant que le boulet eſt dans le canon.

TROISIÈME DISCOURS,

De l'Equilibre des corps fluides par le choc.

LA flamme peut faire équilibre par ſon choc avec des poids. On peut en meſurer la force, ſi en la faiſant ſortir par un tuyau aſſez large on la fait choquer contre les aîles d'une rouë ſituée horiſontalement,

ment, pourvû que ces aîles ſoient toutes ſituées obliquement en un même ſens comme celles des moulins à vent. On ſe ſert en pluſieurs lieux de la flamme qui monte dans les cheminées, pour faire tourner quelques petites machines auprès du feu : plus le feu eſt grand, plus le mouvement de la flamme eſt vîte ; mais ce mouvement ne peut être augmenté beaucoup par l'art, & ſon choc n'a pas beaucoup de force. Une fuſée volante s'éléve par le choc de ſa flamme contre l'air ; mais ſi elle péſe trop, elle ne peut s'élever : ainſi on peut meſurer ſon équilibre. La flamme du tonnerre, qui va fort vîte, fait des efforts très-conſidérables ; car elle renverſe des tours & des rochers. La viteſſe de la flamme augmente auſſi la force de brûler, comme on le remarque ſouvent dans les incendies quand le vent eſt très-grand. On en voit auſſi des effets très-ſenſibles quand les Emailleurs ſouffient le feu de leurs lampes contre du verre ou contre les métaux pour les fondre. Mais parce que la flamme ne ſe gouverne pas facilement pour demeurer dans une même viteſſe ou dans une même largeur, & qu'il coûteroit trop pour l'entretenir, on s'en ſert très-rarement dans les machines ; c'eſt pourquoi il n'eſt point néceſſaire d'examiner ici ſa force, ni de la comparer avec celles des autres corps fluides.

L'air & l'eau ſont emploïés dans les machines pour les faire mouvoir par leur choc. On peut connoître l'équilibre qu'ils ſont entre eux & avec les corps fermes qu'ils choquent, par les régles ſuivantes.

I. RÉGLE.

LEs jets d'eau ne choquent pas par l'effort de toutes leurs parties comme les corps fermes.

EXPLICATION.

TAB. XV. Fig. 45. A B eſt un jet d'eau ſortant du cylindre C D, & E F eſt un cylindre de bois. Il eſt manifeſte que les parties qui compoſent E F, étant liées & unies enſemble, elles font toutes enſemble leur effort en choquant un corps par l'extrémité F. Mais un jet d'eau comme A B, étant porté ſelon la direction *A d* B, ne peut agir que par ſes premières parties : car l'eau étant fluide & comme compoſée d'une infinité de petits corpuſcules qui gliſſent les uns ſur les autres, comme ſeroient de très-petits grains de ſable ; il n'y a que les premiers vers B, qui puiſſent faire le premier effort ſur les corps qu'ils rencontrent, & ils ſe réfléchiſſent ou s'écartent avant que les autres qui ſont comme en *d*, aient choqué à leur tour. Pour bien entendre ceci, il faut conſidérer que la viteſſe qu'a l'eau à la ſortie d'une petite ouverture faite au bas d'un tuyau fort large, eſt bien différente de la viteſſe de celle qui ſort par un tuyau d'égale largeur par-tout ; d'autant qu'en ce dernier cas elle commence à ſor-

Digitized by Google

ſortir avec une viteſſe très-petite & pareille à celle d'un cylindre de glace qu'on laiſſeroit tomber. Car ſoit un tuyau uniformément large A B, plein d'eau ſoûtenue en B avec le doigt; il eſt évident que la même viteſſe que prend l'eau B à la ſortie, eſt égale à celle en A, & que tout le cylindre d'eau tombe tout d'une piéce, comme s'il étoit ſolide: & par conſéquent il ſuit les mêmes régles à l'égard de la viteſſe de la chûte, qu'un cylindre de glace de même volume; à ſçavoir, que commençant par une viteſſe très-petite, elle s'augmenteroit en deſcendant ſelon les nombres impairs 1, 3, 5, 7, &c. c'eſt-à-dire, que ſi en un quart de ſeconde elle deſcendoit d'un pied, le quart ſuivant elle deſcendroit de trois pieds, dans le troiſiéme de cinq pieds, &c. D'où il s'enſuit, que l'eau qui étoit en A, étant arrivée en B, ſortira bien plus vîte que celle qui ſort la premiére. TAB. XV. Fig. 46.

Galilée a parlé bien au long de l'accélération de la viteſſe des corps qui tombent dans l'air libre. Voici comme je la conçois: S'il y a quelque corps très-léger qui choque un corps 100 fois plus peſant, il lui donnera la 100e. partie de ſa viteſſe, & le choquant une 2e. fois, il lui en donnera encore une autre 100e: en ſorte que ſi le corps choquant avoit 101 degrez de viteſſe, le corps choqué en prendra un degré au premier choc, & ſa quantité de mouvement ſera 100; & étant choqué une ſeconde fois avec la même viteſſe de 101 degrez par le corps léger, il en recevra un nouveau degré de viteſſe, lequel joint au premier ſera deux degrez; le 3e. choc lui ajoûtera encore un degré, & ainſi de ſuite, comme il a été prouvé dans le *Traité du choc des Corps*. La même choſe arrivera ſi quelque puiſſance foible tire à ſoi un corps très-peſant, le tirant par repriſes. Or, ſoit que les corps ſoient tirés, ou pouſſés par une matière fluide très-légére, il doit arriver que ſi au premier moment de ſon effort il paſſe une ligne par une viteſſe uniforme, au 2e. choc & au 2e. moment il en paſſera 2, au 3e. moment 3, &c.

Or ſi l'on prend pluſieurs nombres de ſuite, commençant à l'unité, comme 1, 2, 3, 4, &c. juſques à 20, & qu'on compte 20 momens; la ſomme de cette progreſſion ſera 210: & ſi on compte 40 momens, ſelon la même progreſſion juſques à 40; la ſomme de ces derniers nombres ſera 820, qui eſt quadruple à peu près de 210, ſomme des 20 premiers nombres: mais à l'infini cette dernière ſomme ſera quadruple de la première préciſément, parce que la proportion du défaut diminue toujours; ce que *Galilée* a auſſi conclu dans ſon Traité de l'accélération du mouvement des corps qui tombent. Mais ſi le mouvement ſe fait au travers d'un corps fluide fort peſant, l'accélération ſera bien-tôt arrêtée, & le corps tombant réduit à une viteſſe uniforme; comme auſſi ſi c'eſt un corps fort léger qui tombe par l'air libre, ainſi qu'il a été prouvé dans le *Traité de la Percuſſion*.

On peut juger encore de la lenteur de la ſortie des premières goutes d'eau, lorſque les tuyaux ſont uniformément larges, par l'expérien-

ce ſuivante: Aïez un tuyau recourbé de 2 ou 3 pieds de hauteur comTAB. me C D G d'égale largeur par-tout; verſez de l'eau par C, juſques XV. à ce qu'elle coule par G: fermez le bout G, & achevez d'emplir le Fig. 47. tuyau juſques à C: mettez enſuite l'autre doigt ſur ce bout, & ouvrez le bout G; l'eau ne coulera point ſi le tuyau n'a que 3 ou 4 lignes de largeur: levez le doigt qui ferme le bout C, & le remettez très-promptement; l'eau ne jaillira par G qu'à 4 ou 5 lignes de hauteur: au lieu que ſi le tuyau C D eſt beaucoup plus large que l'ouverture G, par exemple, s'il a 9 lignes de largeur, & l'extrémité 2 ou 3 lignes, & que vous ouvriez & refermiez avec la même promptitude la petite ouverture en G; les goutes d'eau qui ſortiront par G, jailliront juſques à fort près de la hauteur C. Vous connoîtrez encore la même lenteur de l'eau à ſa premiere ſortie du tuyau, comme A B en la figure 51, 52, & ſon accélération, ſi vous emplifſez d'eau ce tuyau, & ſi la ſoûtenant avec un doigt, vous ſoûtenez auſſi une petite pierre avec un autre doigt de la même main: car en tirant la main tout-à-coup vous verrez deſcendre la pierre & le bas de l'eau avec une même viteſſe juſques à 12 ou 15 pieds.

On fait encore une expérience fort curieuſe pour la preuve de cette régle, en la maniére qui s'enſuit:

TAB. Aïez un long tuyau de 8 ou 10 pieds de hauteur, comme M N en XV. la figure 50e, le plus poli & le plus égal en dedans qu'on pourra, plein Fig. 50. d'eau, laquelle on ſoûtiendra avec le doigt, & on la laiſſera couler tout-à-coup ſur l'extrémité de la régle Q R près du point R, laquelle régle ſervant de balance doit étre horiſontale & appuïée par l'autre bout ſur un ſoûtien comme O V, & le point R doit etre éloigné ſeulement de 5 ou 6 lignes de la baſe du tuyau par où l'eau coule, c'eſt-à-dire, une ligne de plus que l'épaiſſeur du doigt qui ſoûtient l'eau: alors, ſi à l'autre extrémité Q il y a un poids Q plus petit d'un quart ou d'un cinquième que le poids de toute l'eau du cylindre, ce poids Q ne s'élévera point au commencement de la chûte de l'eau quoiqu'il ſemble que toute l'eau péſe ſur R, mais ſeulement lorſque le tuyau ſera preſque vuide; ce qui fait voir que ce ſont ſeulement les premiéres parties de l'eau qui font l'impreſſion, & que lorſqu'elles ſortent très-lentement, comme elles ſont au commencement de leur chûte, elles ne peuvent élever qu'un poids bien moindre que le poids de tout le cylindre; mais que lorſqu'elles ont acquis une grande viteſſe en tombant depuis la hauteur M, celles qui reſtent, élévent par leur grand choc ce que les premiéres ne pouvoient élever par leur petit choc au commencement de leur chûte. Que ſi on éléve le même tuyau deux ou trois pieds audeſſus de R, & qu'on y laiſſe de l'eau au fond ſeulement d'un pouce de hauteur; ſi le tuyau a ſept ou huit lignes de largeur, elle fera moins d'impreſſion en tombant ſur R pour élever un poids en Q, qu'une boulette de cire ou de bois moins peſante de la moitié tombant de pareille

reille hauteur; ce qui fait voir que la boulette fait ſon impreſſion par toutes ſes parties, & l'eau d'un pouce de hauteur ſeulement par les plus proches de ſa premiére ſurface qui choque la balance, & qui ſont un peu aidées par les plus éloignées qui coulent à côté: car quoique l'eau n'agiſſe pas en choquant par toutes ſes parties, & qu'il ſoit difficile de déterminer juſques à quelle hauteur de l'eau on les doit prendre; il eſt pourtant très-vrai-ſemblable, que les premières qui tombent, agiſſent le plus, & celles qui ſont un peu plus haut juſques à deux ou 3 lignes, un peu moins, & même juſques à 5 ou 6 lignes, comme il arriveroit à 5 ou 6 petits grains de ſable contigus, A E F D B tombant ſur la régle G H d'une certaine hauteur, n'étant pas tous en la même ligne perpendiculaire: les deux D & B ne laiſſeroient pas de contribuer un peu au choc du premier, quoiqu'ils ne le fiſſent pas de tout leur poids & de toute leur viteſſe, n'étant pas dans la même ligne de direction; les plus hauts A E F y contribuent auſſi un peu, & feroient que la régle ſeroit choquée plus fortement que s'il n'y avoit que les ſeuls B & D. TAB. XVI. Fig. 48.

Or, l'eau étant compoſée d'une infinité de petits corpuſcules contigus beaucoup plus petits que de très-petits grains de ſable, qui roulent & qui gliſſent facilement les uns contre les autres; un petit cylindre d'eau comme G H choquera un peu plus fort qu'un moindre L H, puiſqu'il y aura plus de petits corpuſcules poſés directement les uns ſur les autres en la hauteur G H, qu'en la moindre L H. (Voïez vis-à-vis de la *Fig.* 48.)

II. RÈGLE.

L'Eau qui jaillit au-deſſous d'un réſervoir par quelque ouverture ronde, fait équilibre par ſon choc avec un poids égal au poids du cylindre d'eau qui a pour baſe cette ouverture, & pour hauteur celle qui eſt depuis le centre de l'ouverture juſques à la hauteur de la ſurface ſupérieure de l'eau.

On démontre cette propoſition, & en même tems la force du choc de l'air en cette ſorte: A B C D eſt un cylindre creux, dont les deux baſes A D & B C ſont de bois, & le reſte de cuir, ſoûtenu & étendu par pluſieurs cerceaux de bois ou de fil de fer F E, I H I, L M, en ſorte qu'on puiſſe faire abaiſſer la baſe A D fort près de la baſe B C qu'on ſuppoſe inébranlable. N eſt une ouverture faite dans la baſe B C, par où l'air enfermé dans le cylindre peut ſortir. Ce cylindre eſt chargé d'un poids P poſé ſur la ſurface A D, & l'on ajuſte au-deſſous de ce cylindre une balance comme celle de la figure 50e marquée 1, en ſorte que la régle Q R étant ſituée horiſontalement, le point R qui eſt proche de ſon extrémité, ſoit fort près de l'ouverture N, & directement au-deſſous de ſon centre. Cela étant, je dis que ſi l'on met un poids Q ſur l'autre extrémité de la balance, dont l'eſſieu C D eſt ſuppoſé tourner facilement ſur les points C & D, & que l'air que le poids P en deſ- TAB. XVI. Fig. 49.

Digitized by Google

cendant fait ſortir avec violence par l'ouverture N, choquant l'extrémité de la balance vers R, faſſe équilibre avec le poids Q ſuppoſé également diſtant de l'eſſieu C D; ce poids ſera au poids P en même raiſon que la ſurface de l'ouverture N eſt à la ſurface entière de la baſe B C: car ſi par le moïen d'un ſoufflet dont le tuyau ait ſon ouverture égale à l'ouverture N, on pouſſe de l'air contre cette ouverture avec une force égale à celle de l'air que le poids P fait ſortir; il ſe fera équilibre entre ces deux forces, & le poids P ne deſcendra point, parce qu'il ne ſortira point d'air par l'ouverture; & alors l'air pouſſé par le ſoufflet rempliſſant cette ouverture ſoûtiendra ſa part du poids P, comme les autres parties de la baſe B C ſoutiennent le reſte de ce poids; & la partie que l'air pouſſé ſoutiendra, ſera au poids entier P dans la proportion de l'ouverture N à la largeur entière de la baſe B C. Donc réciproquement l'air ſortant par cette ouverture après qu'on aura ôté le ſoufflet, ſera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture N eſt à la baſe B C. Que ſi l'on ferme l'ouverture N, & qu'on en ouvre une autre de même largeur tout auprès de la baſe A D, comme au point K; l'air en ſortira avec la même viteſſe que par l'ouverture N, ſi la baſe A D eſt chargée du même poids P, & ſera équilibre avec un même poids par ſon choc.

Que ſi le cylindre eſt chargé ſucceſſivement de divers poids pour faire deſcendre plus ou moins vîte la ſurface A D, l'air qui ſortira par l'ouverture N, ſera équilibre par ſon choc avec des poids qui ſeront l'un à l'autre en même raiſon que les poids qui chargent ſucceſſivement la baſe A D. La raiſon eſt, que la proportion du grand poids P au petit qui fait équilibre, eſt toujours la même que celle de la baſe B C à l'ouverture N; d'où il s'enſuit, que les petits poids ſeront l'un à l'autre en même proportion que les grands poids qu'on mettra de ſuite ſur la ſurface A D. Que ſi l'on emplit d'eau le même cylindre, le jet qui ſe fera par l'ouverture K par l'effort du poids P, fera le même effet que l'air; c'eſt-à-dire, qu'il ſera équilibre par ſon choc avec un poids qui ſera au poids P comme l'ouverture K à toute la baſe B C; parce qu'alors le poids de l'eau enfermée ne contribuera rien de ſenſible à la force du jet, puiſqu'elle eſt preſque toute au-deſſous: & que ſi un jet d'eau de même largeur & de même viteſſe choquoit directement en K celui qui ſort par cette ouverture, il l'arrêteroit & feroit équilibre avec lui, & ſoûtiendroit une partie du poids P ſelon la proportion de l'ouverture K à la ſurface B C. D'où il s'enſuit un paradoxe aſſez ſurprenant, ſçavoir, que l'air & l'eau qui ſortent ſucceſſivement par la même ouverture K, quelque poids qu'on mette ſur la baſe A D, élévent les mêmes poids par leur choc, quoique l'eau ſoit d'une matière beaucoup plus denſe & plus peſante que celle de l'air: mais il arrive auſſi en recompenſe que l'air ſort beaucoup plus vîte que l'eau; car on a trouvé par pluſieurs expériences, que quand le cylindre eſt plein d'air, il ſe vui-

de

de en un tems environ 24 fois moindre que quand il eſt plein d'eau.

Par exemple, ſi l'air ſe vuide en 2 ſecondes, l'eau ne ſe vuidera qu'en 48 ſecondes; d'où l'on peut conclure, qu'afin qu'un jet d'air faſſe le même effet par ſon choc qu'un jet d'eau de pareille largeur, il faut que ſa viteſſe ſoit environ 24 fois plus grande que celle de l'eau.

Or le même effet doit arriver, ſi A B C D eſt un vaiſſeau cylindrique plein d'eau, & découvert par le haut: car l'eau qui doit jaillir par l'ouverture N, étant arrêtée par un autre jet qui la rencontre directement au point N, ce jet ſoûtiendra une partie de l'eau de tout le cylindre, ſçavoir le cylindre qui a pour baſe l'ouverture N, & le reſte de la baſe ſoûtiendra le reſte de l'eau. Donc ce jet étant ôté, le jet qui ſortira par l'ouverture N, ſera équilibre par ſon choc à un poids qui ſera égal au poids de ce petit cylindre qui a pour baſe l'ouverture N & la hauteur egale à A B, ſi le cylindre A B C D eſt tout rempli.

III. RÉGLE.

Les jets d'eau égaux en largeur, qui ſortent par de petites ouvertures faites au bas de pluſieurs tuyaux pleins d'eau de differentes hauteurs, ſont équilibre avec des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon des hauteurs des tuyaux.

EXPLICATION.

SOit un grand tuyau A B & un plus petit C D, percés aux points E & F d'ouvertures égales. Il a été montré ci-devant, que l'eau jaillissant par l'ouverture E ſera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau E G, & que le jet qui ſort par F, ſera équilibre avec un poids égal au poids du cylindre d'eau F H: or ces petits cylindres aiant des baſes égales par l'hypothèſe, auront leurs poids en raiſon de leurs hauteurs; d'où il s'enſuit que les poids avec leſquels ces jets ſeront équilibre, ſeront entr'eux comme les hauteurs A B, C D. Par conſéquent il eſt évident que la première viteſſe d'un jet en ſortant doit être telle que la première goute d'eau qui ſort, ſoit diſpoſée à s'élever auſſi haut que la ſurface ſupérieure de l'eau. Car, ſuppoſé que l'eau fût dans le large cylindre A B C D en A D, & qu'il y eût un cylindre de glace de la largeur de l'ouverture F, qui n'allat que depuis F juſques en G, & qui fût ſuſpendu depuis ce point directement ſur l'ouverture F à une demi ligne ou environ de diſtance, & qu'on laiſſât aller l'eau tout-à-coup; elle feroit monter plus haut par ſon choc le cylindre F G, puiſqu'elle peut faire équilibre avec un cylindre de même largeur & de la hauteur F E. Donc ſi l'eau ne jailliſſoit que juſques en G depuis le point F, elle ne pourroit demeurer à cette élévation, puiſque la force de l'eau ſuivante la pouſſeroit plus haut, ſi elle étoit ferme comme un

TAB. XV. Fig. 46.

TAB. XVI. Fig. 50; marquée 2.

cylindre de glace; d'où l'on peut juger que la première goute s'éléveroit juſques à AE ſans la réſiſtance de l'air & quelques autres empêchemens: joint à cela que l'eau qui ſort par F, ſe portant en haut pour faire l'équilibre avec l'eau AD, la première goute qui s'éléve, doit avoir la force de monter juſques à la hauteur de l'eau ſupérieure du reſervoir, ſi on fait abſtraction de la réſiſtance de l'air; comme on l'a expliqué dans le premier Diſcours, où l'on a fait voir qu'en s'élevant à l'équilibre, elle jaillit même plus haut que l'eau ſupérieure par la viteſſe acquiſe par le grand mouvement que le jet prend pour s'élever à la hauteur de l'eau ſupérieure.

Aiant rempli d'eau le réſervoir ABCD de 16 pouces de hauteur au-deſſus de l'ouverture du jet en F, juſques à ce qu'elle paſſât par-deſſus les bords environ d'une ligne; (car, comme il a été dit, elle ne coule point par-deſſus les bords qu'elle ne ſoit environ à une ligne & demi ou deux lignes au-deſſus, particuliérement ſi les bords du réſervoir ſont frottés de graiſſe;) on a mis par-deſſus une régle OL en ſituation horiſontale, qui étoit par conſéquent environ une ligne plus baſſe que la ſurface ſupérieure de l'eau; & l'on a remarqué que laiſſant jaillir l'eau un peu obliquement par l'ouverture F, & entretenant le tuyau ABCD toujours plein à une ligne au-deſſus du bas de la régle, le haut du jet alloit juſqu'à la régle; ce qu'on connoiſſoit par un peu d'eau qui s'y attachoit, qui auroit eu encore aſſez de force pour s'élever un peu plus haut comme d'un quart de ligne. Mais lorſque l'eau n'étoit qu'à fleur du réſervoir & ne paſſoit point les bords, il ne s'attachoit point d'eau à la régle, parce que l'air réſiſtoit un peu à la force du jet.

Que ſi le tuyau étoit de deux pieds de hauteur, il s'en faloit un peu moins de deux lignes que le jet n'allât juſques à la régle. Mais lorſque le réſervoir étoit de moindre hauteur, comme de 7 ou 8 pouces, & que les ouvertures étoient de 3 ou 4 lignes de diamétre; les jets s'élevoient toûjours ſenſiblement auſſi haut que la ſurface de l'eau, parce que le peu d'air qu'ils avoient à paſſer, ne pouvoit diminuer ſenſiblement leur force.

Or par la doctrine de *Galilée*, une goute d'eau que s'eſt élevée à une hauteur de 2 ou 3 pieds, lorſqu'en retombant elle eſt parvenue au même point d'où elle avoit commencé à s'élever, elle doit reprendre à ce point la même viteſſe qui l'avoit fait élever. D'où il s'enſuit qu'on peut prendre pour une régle ou loi de la nature, que l'eau qui jaillit au bas d'un réſervoir par une petite ouverture, a la même viteſſe qu'une groſſe goute d'eau auroit acquiſe en tombant depuis la hauteur de la ſurface de l'eau du réſervoir juſques à l'ouverture de l'ajuſtoir, faiſant abſtraction de la réſiſtance de l'air.

CON-

Digitized by Google

CONSÉQUENCE.

IL s'enſuit que les viteſſes de l'eau qui ſort au-deſſous des réſervoirs qui ſont de hauteurs inégales, ſont l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée de ces hauteurs: car puiſque la viteſſe de chaque jet les doit faire élever à la hauteur de leur réſervoir, & que par ce que *Galilée* a démontré, les corps qui ſe meuvent avec des viteſſes différentes, s'élévent à des hauteurs qui ſont l'une à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes; il s'enſuit que les viteſſes ſont l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée des hauteurs.

IV. RÉGLE.

LEs jets d'eau d'égale largeur qui ont des viteſſes inégales, ſoûtiennent par leur choc des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon double de ces viteſſes.

EXPLICATION.

D'Autant que l'eau peut être conſidérée comme compoſée d'une infinité de petites parcelles imperceptibles, il doit arriver que lorſqu'elles vont deux fois plus vîte, il y en a deux fois autant qui choquent en même tems; & par cette raiſon le jet qui va deux fois plus vîte qu'un autre, fait deux fois autant d'effort par la ſeule quantité des petits corps qui choquent: & parce qu'il va deux fois plus vîte, il fait encore deux fois autant d'effort par ſon mouvement; & par conſéquent les deux efforts enſemble doivent faire un effet quadruple, & de même à l'égard des autres proportions. On prouve encore cette régle en cette maniére: A B eſt un cylindre quatre fois plus haut que le cylindre C D; l'ouverture E eſt égale à l'ouverture F; les deux cylindres ſont pleins d'eau. Or d'autant que le jet ſortant par E doit ſoûtenir un poids égal au poids du petit cylindre d'eau G E, & que le jet par F doit ſoûtenir un poids égal au poids du petit cylindre H F, & que le petit cylindre G E eſt quadruple du petit cylindre H F; il s'enſuit que les poids élevés ſeront comme 4 à 1. Mais par la conſéquence de la régle précédente, la viteſſe du jet par F, eſt à celle du jet par E en raiſon ſous-doublée de la hauteur F H à la hauteur E G, & par conſéquent elle ſera comme 1 à 2. Donc une viteſſe double d'un jet de même largeur ſoûtiendra un poids quadruple, & ainſi à l'égard des autres proportions. De-là il s'enſuit, qu'un jet d'air qui va 24 fois plus vîte qu'un autre, ſoûtiendra un poids 576 fois plus grand, puiſque 576 eſt le quarré de 24; & parce qu'un jet d'eau qui va 24 fois moins vîte, ſoûtient le même poids, on peut juger que l'air eſt 576 fois plus raréfié que l'eau, puiſqu'allant avec même viteſſe, le jet d'eau ſoû-

TAB. XV. Fig. 46.

Digitized by Google

ſoûtient un poids 576 fois plus grand.

On peut connoître par expérience la force du choc de l'air avec la machine de la figure 51, 52, auſſi-bien qu'avec celle de la 2e. régle. TAB. XVI. Fig. 51, 52. ABCD eſt un vaiſſeau cylindrique de fer blanc, bien ſoudé, ouvert en CD, & renverſé dans un autre cylindre EFGH, au fond duquel il y a un petit tuyau bien ſoudé LI, qui entre dans le cylindre renverſé, & paſſe un peu au-deſſus de l'eau NK qui eſt dans le cylindre EH. On charge ſucceſſivement de pluſieurs poids différens la baſe ſupérieure AB pour faire deſcendre ce cylindre, & en même tems faire ſortir l'air avec violence par le tuyau IL, au bas duquel on ajuſte une balance comme celle de la figure 50, chargée à un des bouts de différens poids pour éprouver la force du choc de cet air. Les expériences ſe trouveront conformes à la démonſtration ci-deſſus, ſçavoir que ſi l'on ſouffle de l'air avec un ſoufflet dans le tuyau LI, de telle force qu'il empeche le poids M & le cylindre AD de deſcendre, alors cet air pouſſé fait le même effet que ſi on mettoit le pouce au point L pour empecher l'air de ſortir. Et comme en cet état le pouce porteroit ſa part du poids M joint à celui du cylindre AD; & le reſte ſeroit ſoûtenu par le reſte de la baſe GH; & que cette partie ſeroit à tout le poids ſoûtenu en raiſon de la baſe GH à la hauteur de CD, à l'ouverture L, en ſorte que ſi tout le poids étoit de cent livres, & que la baſe GH fût 100 fois plus grande que l'ouverture L, l'air ſouffié dans le tuyau ſoûtiendroit la 100e. partie de tout les poids. Donc réciproquement ſi on ôtoit le ſoufflet, l'air qui ſortira avec la même viteſſe que le vent du ſoufflet qui l'empechoit de ſortir, ſera équilibre avec un poids égal à cette 100e. partie.

Il ſuit de ces raiſonnemens, que ſi deux cylindres pleins d'air de même hauteur aiant leurs baſes inegales, ſont chargés par des poids étant diſpoſés comme le cylindre ABCD, & aiant les ouvertures égales par où l'air doit ſortir; les poids que l'air ſortant élévera, ſeront l'un à l'autre en raiſon réciproque de leurs baſes. Car ſoient ces deux cylindres ABCD, *abcd*, mis chacun dans un autre cylindre plein d'eau, comme il vient d'être expliqué; & ſoient égaux les deux poids M & *m* poſés ſur les cylindres inégaux; & les poids élevés ſoient P & *p*, ſçavoir P par M, & *p* par *m*. D'autant que la baſe GH eſt à l'ouverture L comme le poids M au poids P élevé par l'air qui ſort par L, & que l'ouverture *l* égale à L eſt à la baſe *h g* comme le poids *p* élevé par l'air qui ſort par *l* au poids M ou *m*; en raiſon égale la proportion étant troublée, la baſe GH ſera à la baſe *h g* comme le poids *p* au poids P. Que ſi les poids qui chargent les cylindres, ſont proportionnés à leurs baſes, ils éléveront des poids égaux par le choc de l'air qu'ils feront ſortir par des ouvertures égales: comme ſi la baſe GH eſt 24 & la baſe *g h* 12, & que le poids M ſoit 12 livres & le poids *m* 6 livres; l'ouverture L étant 4, de même que *l*, les poids P & TAB. XVI. Fig. 51, 52.

Digitized by Google

P & *p* ſeront chacun de 2 livres, dont la preuve eſt facile.

CONSÉQUENCE

De la première démonſtration.

IL s'enſuit que le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre ſera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre, lorſqu'ils ſeront chargés de poids égaux, en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à celle de la baſe *g h*, & de la ſous-doublée de la même baſe G H à la même baſe *g h*; car ſi les viteſſes étoient égales, ces tems ſeroient entr'eux comme les baſes. Mais les poids élevés étant en raiſon réciproque des baſes, & les viteſſes étant par la troiſième régle en raiſon ſous-doublée des poids élevés, les viteſſes ſeront réciproquement en raiſon ſous-doublée des baſes, c'eſt-à-dire, que la viteſſe par *l* ſera à la viteſſe par L en raiſon ſous-doublée de la baſe G H à la baſe *g h*: & par conſéquent le tems de l'écoulement de l'air du grand cylindre ſera au tems de l'écoulement de l'air du petit cylindre en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à la baſe *g h*, & de la ſous-doublée des mêmes baſes l'une à l'autre; ce qui s'eſt trouvé conforme à l'expérience. Car un cylindre de 8 pouces 7 lignes de diamétre de baſe, & un autre de 5 pouces 6 lignes étant chargés chacun de 44 onces, le grand s'eſt vuidé en 47 demi ſecondes, & le petit en 12. Or les baſes G H & *g h* ſont entr'elles comme les quarrez de leurs diamétres G H & *g h*; & 74 pouces, qui eſt à peu près le quarré de G H de 8 pouces 7 lignes, eſt à 30, qui eſt à peu près le quarré de *g h* de 5 pouces 6 lignes, comme 47 à 19 à peu près; & comme 74 à 47 moïenne proportionnelle entre 74 & 30, ainſi 19 à 12: d'où l'on voit que 47 eſt à 12 en la raiſon compoſée de celle de la baſe G H à celle de la baſe *g h*, & de la raiſon ſous-doublée de la même baſe G H à la même baſe *g h*.

V. RÉGLE.

LEs jets d'eau de même viteſſe & de différentes ouvertures ſoûtiennent des poids par leur choc qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des diamétres des ouvertures.

Soient deux ſurfaces A B, C D, percées de deux ouvertures E & F; & que les deux jets d'eau E N, F M, paſſent par ces ouvertures. Il eſt évident que la ſurface de l'ouverture E eſt à la ſurface de l'ouverture F en raiſon doublée du diamétre G H au diamétre K L: & les viteſſes étant ſuppoſées égales, ſi le diamétre G H eſt double du diamétre K L, il y aura 4 fois autant de petits corpuſcules d'eau pour choquer, dans la baſe G H que dans la baſe K L; ils feront donc un effet quadruple; & ſi les ſurfaces des jets ſont réciproques aux hau- TAB. XVI. Fig. 53.

Digitized by Google

teurs des réſervoirs, ils feront équilibre avec des points égaux.

Pour ſçavoir la force des eaux coulantes lorſqu'elles choquent des aîles de moulin ou de quelque autre machine, il faut ſçavoir leur viteſſe & la comparer à celle des eaux qui jailliſſent au bas d'un réſervoir. Il eſt encore néceſſaire de ſçavoir la peſanteur ſpécifique de l'eau à l'égard des autres corps. Voici les obſervations que j'en ai faites:

On a fait faire un vaiſſeau de cuivre quarré en tous ſens, d'un demi pied de hauteur & de largeur dans œuvre, lequel par conſéquent contenoit la 8e. partie d'un pied cube; on le mit dans le baſſin d'une balance, & de l'autre côté ſon poids au juſte; on l'emplit d'eau enſuite avec un très-grand ſoin, par une petit ouverture faite vers un angle de la platine de deſſus: on a trouvé par pluſieurs expériences que cette eau peſoit 8 livres $\frac{1}{2}$, & par conſéquent que le pied cube d'eau devoit peſer 70 livres. Le muid de *Paris* contient 8 pieds cubes: en chaque pied cube 36 pintes, quand elles ſont meſurées au juſte & que l'eau ne paſſe pas les bords; mais quand elle paſſe les bords, le plus qu'il ſe peut ſans verſer, il ne contient que 35 pintes: chacune de ces dernières pintes péſe 2 livres, & les autres 2 livres moins 7 gros. Le muid de *Paris* contient 288 pintes de ces dernières, & 280 des autres: de-là on connoît qu'un cylindre d'eau dont la baſe a un pied de diamétre & un pied de hauteur, ne péſe que 55 livres, parce que la proportion du cercle au quarré qui lui eſt circonſcrit, eſt à peu près comme 11 à 14. Or comme 14 à 11, ainſi 70 livres ſont à 55 livres: de-là on ſçait qu'un cylindre d'un pied de hauteur & d'un pouce de baſe péſe 6 onces un gros à fort peu près; car la 144e. partie de 55 livres eſt 6 onces & $\frac{5}{12}$, & un gros eſt $\frac{5}{72}$; ſur quoi on a fait les expériences ſuivantes:

Aiant attaché un petit bateau à un autre fort grand, qui étoit immobile dans le milieu du cours de la riviére où elle étoit fort rapide, on meſuroit le long du petit bateau une diſtance de 15 pieds ſelon ſa longueur: on jettoit enſuite un petit morceau de bois, ou quelque brin d'herbe à deux ou trois pieds du petit bateau, vis-à-vis l'endroit où étoit la premiére marque des 15 pieds; & l'on comptoit par les battemens d'un pendule à demi ſecondes, en combien de tems il paſſoit juſques à l'autre marque: ſi c'étoit en dix demi ſecondes, on concluoit qu'en cet endroit l'eau de la riviére alloit d'une viteſſe à faire 3 pieds en une ſeconde. Enſuite on ſe ſervit d'un tourniquet où il y avoit deux régles qui traverſoient l'eſſieu, en ſorte que les plans où elles étoient, ſe coupoient à angles droits. On avoit élevé vers l'extrémité de l'une de ces régles un petit ais quarré, de ſix pouces de largeur, fort délié, qu'on faiſoit tremper perpendiculairement dans l'eau courante juſques à ce qu'elle paſſat 2 ou 3 pouces au-deſſus; & en même tems on mettoit à l'extrémité de l'autre régle qui étoit en une ſituation horiſontale, un poids à pareille diſtance de l'eſſieu que le milieu de l'ais, & on l'augmentoit ou diminuoit juſques à ce qu'il fît équilibre avec le choc de l'eau

Digitized by Google

l'eau contre le petit ais ou palette. On fit pluſieurs de ces expériences à l'endroit où l'eau étoit la plus rapide, & en d'autres endroits où elle alloit moins vîte; & l'on trouvoit toûjours à fort peu près les mêmes proportions correſpondantes à la force de l'eau qui ſort du bas d'un tuyau de 12 pieds de hauteur. Voici la manière d'en faire le calcul:

Aiant trouvé que l'eau la plus rapide faiſoit 3 pieds $\frac{1}{4}$ en une ſeconde, & qu'elle ſoûtenoit alors par le choc de la palette 3 livres $\frac{1}{4}$, on diſoit: Le jet du bas d'un réſervoir qui a 12 pieds de hauteur, a une viteſſe, à ſa ſortie, pour faire 24 pieds en une ſeconde ſelon la doctrine de *Galilée*, & qui a été expliquée ci-devant; cette viteſſe eſt donc environ 7 fois & $\frac{1}{2}$ plus grande que celle de la riviere. Le quarré de 7 $\frac{1}{2}$ eſt 56 $\frac{1}{4}$; & par conſéquent, ſi ce jet eſt de même largeur que la palette, il doit ſoûtenir un poids environ 56 fois plus grand. Or 12 pieds cubes d'eau peſent 840 livres dont le quart eſt 210 livres, qu'on prend à cauſe que la palette n'eſt que d'un demi pied, & qu'une colomne d'eau dont la baſe a un demi pied quarre & 12 pieds de hauteur, péſe 210 livres; & ſi l'on diviſe 210 par 56, le quotient ſera environ 3 livres $\frac{1}{4}$, qui eſt le poids qui a été trouvé dans l'expérience.

J'ai trouvé de même la force de l'eau coulante dans pluſieurs autres endroits de la rivière, & même dans l'aqueduc d'*Arcueil*. Je fis une expérience au bord de la rivière, où l'eau courante faiſoit un pied & $\frac{1}{4}$ en une ſeconde, & elle faiſoit équilibre avec 9 onces de poids: pour la comparer à la viteſſe de 3 pieds $\frac{1}{4}$, il faut prendre le quarré de 1 $\frac{1}{4}$ qui eſt $\frac{25}{16}$, contenu environ 6 fois $\frac{1}{4}$ dans le quarré de 3 $\frac{1}{4}$ qui eſt 10 $\frac{9}{16}$; car le produit de 6 $\frac{1}{4}$ par $\frac{25}{16}$ eſt 9 & $\frac{225}{64}$, qui valent un peu plus de 60 onces, qui ſont 3 livres $\frac{1}{4}$.

Les roüës des moulins qui ſont ſur la *Seine à Paris* entre le pont-neuf & le pont-au-change, n'ont à leurs extrémitez que la moitié de la viteſſe de l'eau courante qui les choque; ce qui revient à la même choſe que lorſqu'un poids en mouvement en rencontre un autre immobile de même peſanteur, & qu'il s'y attache, car étant joints enſemble, ils n'ont incontinent après le choc que la moitié de la viteſſe de celui qui a choqué. Et ainſi on peut ſuppoſer que la réſiſtance du frottement de l'eſſieu de la roüe, de celui de la meule & du grain qu'elle briſe, joint au poids de la roüe & de ſes palettes, vaut autant à peu près que la réſiſtance d'un poids égal à celui de l'eau qui choque; & par conſéquent elles doivent retarder de moitié à peu près la viteſſe de l'eau qui les choque. On remarque la même proportion dans la roüe de la pompe de la Samaritaine.

Il faut ici conſidérer que l'eau d'une rivière ne va pas également vîte à ſa ſurface, & dans les autres parties; car l'eau proche du fond eſt beaucoup retardée par la rencontre des pierres, des herbes, & des autres inégalitez.

Voici les expériences que j'ai faites de ces viteſſes différentes:

J'ai mis dans une petite rivière coulante uniformément des boules de cire attachées à un fil d'un pied de longeur : l'une étoit chargée de petites pierres dans le milieu pour rendre ſa peſanteur ſpécifique un peu plus grande que celle de l'eau, en ſorte que quand les 2 boules étoient dans l'eau, la plus peſante faiſoit bander le fil, & enfoncer la plus légére plus qu'elle n'auroit fait toute ſeule, & par ce moïen ſa partie ſupérieure étoit preſque à fleur-d'eau, afin que le vent n'eût point de priſe ſur elle. J'ai toûjours remarqué que la boule d'en-bas demeuroit en arrière, principalement aux endroits où il y avoit quelques herbes au fond de l'eau près deſquelles la boule inférieure paſſoit ; car cette rivière n'avoit qu'environ 3 pieds de profondeur. Mais lorſqu'on mettoit ces mêmes boules en un endroit où l'eau rencontrant quelque obſtacle s'élevoit un peu, & enſuite prenoit un cours plus rapide, comme on le remarque ſous les ponts ; la boule inférieure devançoit la ſupérieure : ce qui faiſoit voir que l'eau du milieu alloit alors plus vîte que celle de la ſurface ; & cela procéde de ce que l'eau s'élevant un peu plus haut par l'obſtacle, elle acquiert une plus grande viteſſe en coulant par une pente plus roide, & ce mouvement violent fait qu'elle ſe plonge & paſſe au-deſſous de celle de la ſurface : comme ſi A B C D eſt le cours de l'eau ſupérieure, & que par un obſtacle vers B elle s'éléve juſques à la ligne ponctuée E F, elle coulera plus vîte par la pente roide E F C ; & par la viteſſe qu'elle aura acquiſe en C, elle continuera ſa direction au-deſſous de C D, comme en G H ; & par conſequent elle ira plus vîte en G & H qu'en I & D. Et c'eſt de-là que procéde que dans les médiocres rivières il y a toûjours de grandes foſſes un peu au-deſſous des ponts ; on en voit l'expérience en tous les ponts de la chauſſée de *Nogent* ſur *Seine* : car l'eau qui s'eſt élevée par la rencontre des piles du pont, prend une plus grande viteſſe, & paſſe avec violence au-deſſous de la ſupérieure juſques au fond, où elle emporte le ſable & l'entraîne un peu plus bas où il s'amaſſe. Mais lorſque l'eau eſt en ſon lit & en ſa courſe ordinaire & médiocre, la ſupérieure doit aller plus vîte que celle qui eſt un pied au-deſſous : car ſoit A B une ligne horiſontale, & C B la pente du fond de la rivière, D E l'eau qui eſt à un demi pied de la ſupérieure F G, l'une & l'autre parrallele à C B. Or parce que l'eau eſt viſqueuſe, & que ces parties contigues ſont un peu liées enſemble, l'eau D E emportera celle qui eſt immédiatament au-deſſus avec ſa même viteſſe à fort peu près ; & enſuite celle qui eſt en F G, qui ſe mouvant auſſi d'elle-même à cauſe de ſa pente, va un peu plus vîte que l'eau D E : ce qu'on pourra mieux comprendre ſi l'on ſuppoſe que F I. ſoit un ais nageant ſur l'eau, & dont le deſſus ſoit en une pente parallele à C B, aiant une balle fort ronde au-deſſus ; car cet ais emporté par l'eau emporteroit la balle, qui rouleroit d'elle-même le long de l'ais juſques en G, & par conſéquent ſa viteſſe ſeroit plus grande que celle de l'ais.

TAB. XVI. Fig. 54.

TAB. XVI. Fig. 55.

J'ai

J'ai encore remarqué ſouvent des herbes que l'eau emmenoit, & je voïois manifeſtement que celles qui étoient entre deux eaux près du fond, plus avancées que celles qui étoient près de la ſurface, étoient bien-tôt paſſées & laiſſées en arrière par les ſupérieures; & ſi je jettois dans le même courant une poignée de groſſes ſcieures de bois qui alloient au fond plûtôt les unes que les autres, je voïois toûjours les ſupérieures précéder les autres par ordre à proportion qu'elles étoient plus ou moins éloignées du fond. Deſquelles expériences il paroît, que dans les rivières qui coulent librement, l'eau ſupérieure va plus vîte que celle du milieu, & celle du milieu plus vîte que celle qui eſt proche du fond; & que dans celles qui ſont contraintes de paſſer en un lieu étroit, étant retenues des deux côtez, celle du milieu va plus vîte que celle de la ſurface, s'il n'y a que trois ou quatre pieds de profondeur.

Voici comme on peut calculer la force des rouës des moulins de la *Seine*:

Je ſuppoſe qu'il a deux rouës à un ſeul eſſieu, qu'elles ont 5 pieds de demi diamétre, & que les ais, qu'on appelle des aubes qui ſervent de palettes, ont deux pieds de hauteur dans l'eau & 5 pieds de longueur. Je ſuppoſe auſſi que la viteſſe de l'eau qui choque les palettes, eſt de 4 pieds par ſeconde; ce qui eſt aſſez ordinaire: car elle s'éléve un peu par la rencontre du bateau qui porte le moulin, & par conſéquent elle va, vis-à-vis du milieu du bateau, plus vîte que ſi elle n'avoit pas été arrêtée. Or comme il a été dit ci-devant, un réſervoir de 12 pieds de hauteur faiſant jaillir au-deſſous de 12 pieds un jet quarré de demi pied de largeur, peut ſoûtenir 210 livres; ſa viteſſe qui eſt de 24 pieds par ſeconde eſt 6 fois plus grande que celle qui choque les rouës du moulin. Donc cette eau qui choque une palette de demi pied, ne doit ſoûtenir que la 36e. partie de 210 livres, par la premiére régle; donc elle ſoûtiendra 5 livres & $\frac{1}{4}$. Le pied quarré ſoûtiendra le quadruple, ſçavoir 23 livres $\frac{1}{3}$. Et parce que les palettes d'une rouë ont 10 pieds ſuperficiels, elles ſupporteront 233 livres $\frac{1}{3}$. L'autre rouë aura la même force. Donc les deux ſoûtiendront 466 livres $\frac{2}{3}$ miſes en une régle horiſontale à la même diſtance de l'axe, que le milieu des palettes à 4 pieds.

La force du choc du vent contre les aîles d'un moulin à vent ſe trouve en cette ſorte:

Aïez un tourniquet cylindrique ſemblable à celui dont il eſt parlé dans les expériences précédentes. AB, dans la figure 56e, repréſente ſon axe. GH eſt une régle horiſontale qui traverſe l'axe du cylindre à angles droits. IL eſt une autre régle poſée perpendiculairement ſur GH. MNOP eſt encore une régle perpendiculaire poſée obliquement ſous un angle de 45 degrez, à l'égard de la régle GR. Or ſi l'on ſuppoſe un jet d'eau qui choque directement la régle IL vers le point Q, & qui faſſe tourner le cylindre ſelon l'ordre des lettres *a b c d*; il agira de toute ſa force pour ſoûtenir le poids R. Mais ſi un autre jet TAB. XVI. Fig. 56.

d'eau égal choque directement la régle M O au point S, que l'on ſuppoſe autant éloigné de l'axe que le point Q ; il ne pourra ſoûtenir le poids R, parce que ſa direction ne ſera pas parallele à la direction de l'extrémité de la régle I L ; & il ne pourra ſoûtenir qu'un poids qui ſera au poids R, comme le côté d'un quarré à ſa diagonale. Et ſi le même jet eſt parallele à l'axe A B, & qu'il choque au même point S ; il faudra encore diminuer le poids R dans la même proportion pour faire l'équilibre, parce que ce jet choquera obliquement cette régle ſous un angle de 45 degrez, & alors le poids R n'aura plus que la moitié de ſon poids : car ſi A B C D eſt un quarré, la 1e. raiſon ſera comme de A C à A B, & la ſeconde comme de A B à A E moitié de A C, comme il a été expliqué plus au long dans le *Traité de la Percuſſion*, à la fin de la 13e. Propoſition de la 2e. Partie. Or le vent qui choque les aîles d'un moulin à vent, les choque obliquement ; & s'il rencontroit chaque aile ſous un angle de 45 degrez, il ne lui reſteroit de ſa force que ſelon la proportion de la diagonale d'un quarré à ſon côté par cette ſeule cauſe. Mais ſi cette aîle qui eſt oblique à l'axe, l'étoit ſelon le même angle, cette ſeconde cauſe diminueroit encore la force du vent ſelon la meme proportion, comme il a été dit du jet d'eau ; & la diminution totale par ces deux cauſes ſeroit de la moitié de la force du vent quand il choque directement cette régle, comme I L dans la figure 56e, diſpoſée a ſe mouvoir au commencement ſelon ſa direction, de maniére que ſi ſa force totale étoit 80, elle ſeroit réduite à 40 par ces deux cauſes. Mais à cauſe que l'aîle dont l'obliquité eſt de 45 degrez, reçoit une moindre largeur de vent que quand elle eſt oppoſée directement ; il reçoit encore une 3e. diminution ſelon la même raiſon de A C à A B, & la diminution totale ſera comme A C à E F, ou à peu près comme 80 à 28 ½. Que ſi l'obliquité de l'aîle eſt N O, & que l'angle de A B & N O ſoit de 60 degrez ; alors la 1e. cauſe ſeule diminuera de moitié la force du vent & la reduira de 80 à 40, & les deux autres enſemble la réduiront de 40 à 31 à peu près : d'où l'on jugera qu'il vaut mieux que les aîles des moulins à vent aient cette obliquité, que celle de 45.

TAB. XVI. Fig. 57.

TAB. XVI. Fig. 57.

TAB. XVI Fig. 56.

Pour ſçavoir la force d'un vent qui choqueroit directement la voile d'un vaiſſeau, il faut ſçavoir la viteſſe du vent : on la trouve en lui laiſſant emporter une plûme trés-légére de duvet depuis un endroit ſtable, & comptant le tems qu'elle met à parcourir un certain eſpace comme de 30 ou 40 pieds. Or ſuppoſant que le vent faſſe 24 pieds en une ſeconde, comme il fait quand il eſt aſſez violent à l'ordinaire, mais pourtant bien moins que dans les grandes tempêtes & ouragans, il ira auſſi vîte qu'un jet d'eau qui ſort d'une ouverture à 12 pieds au-deſſous d'un réſervoir ; & parce que le vent doit aller 24 fois plus vîte que l'eau pour faire le même effet, il ne ſera pas plus que l'eau de pareille largeur qui ne fait qu'un pied en une ſeconde, ou que le jet qui en fait 24, ſi la largeur

geur du vent eſt 24 fois plus grande en diamétre, ou 576 fois en ſurface. Or un jet d'eau de demi pied en quarré venant d'un réſervoir de 12 pieds de hauteur, peut ſoûtenir, comme il a été dit ci-devant, un poids egal au poids d'une colomne quarrée d'eau qui a pour baſe un quarré d'un demi pied, & pour hauteur 12 pieds; & d'autant qu'un demi pied cube péſe 8 livres $\frac{1}{2}$, ſi on double cette hauteur, ce ſera 17 livres $\frac{1}{2}$ pour une colomne quarrée d'un pied de hauteur & d'un demi pied de largeur; & ſi elle eſt de 11 pieds de hauteur, ce ſera 210 livres, qui ſeront ſoûtenues par un jet d'un demi pied en quarré. Afin donc que le vent qui va auſſi vîte, ſoûtienne le même poids de 210 livres, il faut que la voile qu'il choque, ſoit 24 fois plus large & plus longue qu'un demi pied, c'eſt-à-dire, qu'il faut qu'elle ait 12 pieds tant de largeur que de longueur, ou 6 pieds de largeur & 24 pieds de hauteur; & alors le vent qui fera 24 pieds en une ſeconde, ſoûtiendra 210 livres poſées ſur une régle horiſontale attachée au même axe que la voile quarrée de 12 pieds, dans la même diſtance de l'axe, que le milieu de la longueur de la voile qui doit être en une ſituation perpendiculaire: mais ſi le vent ne fait que 12 pieds en une ſeconde, il ne ſupportera que 52 livres $\frac{1}{2}$, qui eſt le quart de 210 livres.

Si l'on en veut faire l'expérience en petit, il faut ſe ſervir du tourniquet de la figure 56e, & prendre une voile d'un pied de largeur & de hauteur, qui aiant ſa ſurface d'un pied ne ſupportera que la 144e. partie de 52 livres $\frac{1}{2}$, ſçavoir 5 onces $\frac{1}{8}$, ſi ce poids eſt à la même diſtance de l'axe que le milieu de cette petite voile; mais il faudra choiſir le vent qui pourra faire 12 pieds par ſeconde. TAB. XVI. Fig. 56.

Par cette manière on calculera aiſément les différentes forces des eaux & des vents par leur choc.

Pour comparer la force des moulins à vent à celle des moulins de la *Seine* dont j'ai parlé, je ſuppoſe que chacune des 4 ailes ait 30 pieds de hauteur & 6 pieds de largeur; ce ſont 180 pieds. Si le vent ne fait que 12 pieds en une ſeconde, il ſoûtient 5 onces $\frac{5}{8}$ de livre en choquant une aîle d'un pied de ſurface. S'il en choque une de 180 pieds en ſurface, il ſoûtiendra 66 livres à peu près: mais il en faut ôter les $\frac{1}{3}$ à cauſe de la triple obliquité du choc, comme il a été prouvé: ſi l'obliquité eſt de 30 degrez, il reſtera donc 29 livres, & les 4 aîles ſoûtiendront 100 livres. Mais la diſtance de l'eſſieu au milieu de l'aîle eſt de 20 pieds, & celle du milieu des palettes juſques à leur axe n'eſt que de 4 pieds. Donc par cette cauſe les moulins à vent augmenteront leur force du quintuple, & ſi la rouë dentée de chacun eſt de 2 pieds de diamétre, la force du moulin à vent ſera de 10 fois 100, & celle des moulins à eau de 2 fois 466 livres, quand le vent fait 12 pieds par ſeconde, & le courant de l'eau 4 pieds. On fera de ſemblables calculs pour les moindres ou plus grandes viteſſes d'eau & de vents, & pour les plus grandes ou moindres aîles.

Quel-

Digitized by Google

Quelques-uns ont entrepris de faire des moulins horiſontaux qui tournaſſent à tous vents; j'en ai vû de trois ſortes:

TAB. XVI. Fig. 58. Les premiers avoient leurs aîles concaves & convexes ſelon un angle de 45 degrez, comme on le voit en la figure 58e. AB eſt le haut du concave, & CD le haut du convexe. Le vent ſoufflant contre les deux n'agira pas de même; car il gliſſera de part & d'autre depuis l'arrête CD, le long des plans CL & CN, & n'agira que comme 8 à 5 ½: au lieu que rencontrant le concave & ne pouvant gliſſer, il agira par toute ſa force, comme s'il y avoit une toile tendue ſur EQHF, & ainſi il agira de toute la force de ſon choc & comme de 8: & y aiant 6 aîles ſemblables, il y en auroit toûjours 3 qui recevroient un peu moins d'un tiers plus d'impulſion que les trois autres; ce qui feroit néceſſairement tourner les roues, mais avec peu de force, en ſorte qu'elles ne pourroient tourner qu'à vuide; ou bien il les faudroit démeſurément grandes, & elles ne pourroient ſe ſoûtenir, & ſeroient en danger d'être emportées par un vent impétueux. Pour les perfectionner il faudroit que l'angle EAQ fût de 30 degrez, & alors la proportion de la force du vent ſeroit dans le concave à l'égard du convexe, comme de 4 à 1, comme il a été expliqué dans les regles de la chûte des corps à la fin du *Traité de la Percuſſion*. On pourroit encore faire les faces CN, CL, & BE, BQ, mobiles, afin qu'elles ſe ſerraſſent un peu en l'aile CD, & qu'elles s'ouvriſſent en l'autre; ce qui augmenteroit encore la proportion: il faudroit auſſi mettre ces 6 aîles deux à deux l'une ſur l'autre, afin qu'elles reçûſſent mieux le vent; & alors ces moulins pourroient faire à peu près le même effet que ceux dont on a parlé.

La ſeconde manière avoit la largeur de ſes aîles en une ſituation verticale; mais la toile qui les revêtoit, étoit dans des chaſſis mobiles, qui d'un côté s'appuïoient entièrement contre les extrémitez des bois ou perches qui les environnoient quand le vent ſoufloit contre; & ainſi elles en recevoient tout l'effort: mais de l'autre côté elles cédoient au vent, tournant ſur des pivôts & n'aiant point d'arrêt; & par ce moïen une partie du vent paſſoit entre les ouvertures qu'il faiſoit; ce qui donnoit beaucoup moins de force que de l'autre côté; & la roue tournoit néceſſairement, mais elle tournoit foiblement, même à vuide: & lorſque des moulins à vent ordinaires tournoient par un vent médiocre, celui-ci ne tournoit point ou tournoit très-lentement, à cauſe qu'il ne reſtoit pas un quart de force de plus dans le côté où le vent choquoit entièrement, que de l'autre; ce qui procédoit de ce que les bois & les traverſes en recevoient autant d'un côté que d'autre, & les chaſſis, du côté qu'ils s'ouvroient, ne laiſſoient pas de tomber un peu par leurs poids, & d'être rencontrés par le vent qui les ſoûtenoit, ne s'élevant jamais à la hauteur horiſontale: mais ils s'ouvroient ſeulement à demi, un peu plus ou moins; c'eſt pourquoi ils étoient inutiles la plûpart du tems, & ne pouvoient moudre qu'à des vents violens.

La

La troiſième manière étoit de faire couvrir la moitié du nombre des aîles par une demi circonférence cylindrique de fer blanc ou d'autre matière légére, qui étoit dirigée droit au vent par une grande girouette fort éloignée du centre de la machine; & par ce moïen il y en avoit ſeulement trois d'un côté qui recevoient l'impreſſion du vent ſans être empêchées par les trois de l'autre côté: mais on ne pouvoit faire en grand cette machine, à cauſe de l'énorme grandeur qu'il eût falu donner à la demi circonférence cylindrique, & qui l'eût miſe au hazard d'être emportée par un vent médiocrement violent.

J'ai vû auſſi un modéle des moulins à vent horiſontaux, qui ſont, à ce qu'on dit, en uſage dans la *Chine*. Ils ſont faits comme une lanterne. Il y a pluſieurs aîles, qui tournent ſur des pivôts vers le centre & le point oppoſé vers le haut, & ils rencontrent des chevilles qui les arrêtent en de certaines ſituations pour recevoir le vent le plus directement qu'il ſe peut; & quand ces aîles ont fait un demi tour par la révolution de la machine, elles tournent & vont au vent comme les girouettes, & n'en reçoivent que très-peu d'impreſſion pour ne pas nuire à celles qui ſont de l'autre côté où le vent les rencontre directement ou à peu près; & enfin il n'y en a point de l'autre côté qui ne reçoive le vent très-obliquement, & par ce moïen le vent agit toûjours preſque deux fois plus d'un côté que d'autre; ce qui fait faire un effet ſuffiſant à toute la machine, dont l'eſſieu eſt planté dans le milieu de la meule qui eſt au-deſſous; c'eſt pourquoi il n'eſt pas néceſſaire d'y appliquer des rouës & des lanternes comme aux autres moulins, par le frottement deſquelles la force eſt diminuée.

On peut, par la même méthode ci-deſſus, calculer la viteſſe du vent qui eſt néceſſaire pour renverſer des arbres ou des piliers qui ſeroient poſés de bout ſans rien ſoûtenir. En voici des exemples:

Soit un quadre de bois A B C D comme ceux d'un chaſſis de papier, d'un pied de largeur, dont le poids ſoit d'une livre un quart ou 20 onces avec ſon papier collé, expoſé directement au vent, & poſé perpendiculairement ſur un plan horiſontal, & aiant les quatre petits bâtons quarrez d'un pouce de largeur. Donc un vent de 12 pieds par ſeconde en le choquant ſoûtiendra 6 onces à peu près, comme il a été montré ci-deſſus. Et parce qu'il n'a d'épaiſſeur que 12 lignes, la demi épaiſſeur où eſt ſon centre de gravité, ne ſera que de 6 lignes; car on ne conſidére point le poids du papier. Et parce que la diſtance de ſon centre de peſanteur juſques à l'appui eſt 6 pouces, le vent agira en levier comme 6 pouces à 6 lignes, ou comme 12 à 1; & E F étant l'axe du mouvement, la proportion de la force du vent contre le poids du quadre de 20 onces ſera comme 72 onces, produit de 6 onces par 12, à 20 onces. Il faut donc un moindre vent pour faire équilibre. Et ſi on le prend de 6 pieds par ſeconde, il n'aura que le quart de 72 onces, ſçavoir 18 onces; & ſi 36 quarré de 6 donne 18, 40 donnera

TAB. XVI. Fig. 59.

20 onces; la racine quarrée de 40 eſt un peu plus de 6 ½. Il faudra donc un vent qui faſſe 6 pieds ½ en une ſeconde pour renverſer ce quadre de chaſſis. J'en ai fait l'expérience au haut de l'Obſervatoire & dans la Samaritaine.

On calculera de même la force qu'il faut pour rompre une branche d'arbre de demi pied d'épaiſſeur, aiant 15 pieds de tige & 30 pieds de branches rameaux & feuilles. Ce ſera 900 pieds ſuperficiels que le vent choquera. La réſiſtance abſolue du bas de la branche pour être rompue, la tirant de haut en bas, ſera de 207360: car la réſiſtance abſo-
TAB. lue d'un bâton de 3 lignes a été trouvée de 350 livres. A B eſt la tige de
XVI. la branche, D F E B le tour de ſes branches & feuilles, & C le cen-
Fig. 60. tre. La diſtance A C eſt 30 pieds. La proportion de 30 pieds au tiers de l'épaiſſeur vers A, qui n'eſt que de 2 pouces, eſt de 180 à 1. Diviſant 207360 par 180, le quotient ſera de 1152. Il faudra donc la valeur de 1152 livres pour rompre la branche en A. Il y a 900 pieds de ſuperficie dans les feuilles & rameaux de l'arbre, & parce que 2 pieds ſuperficiels choqués par un vent de 12 pieds par ſeconde ſoûtiennent ½ de livre, ils ſoûtiendront 450 fois ½, c'eſt-à-dire, 337 livres à peu près, qui eſt un nombre beaucoup moindre que 1152. Soit donc comme 337 à 1152 ainſi 144 quarré de 12 eſt à 492 $\frac{48}{337}$, dont la racine quarrée eſt 22 ½ à peu près. Il faudroit donc que le vent fit 22 pieds ½ en une ſeconde pour rompre une telle branche d'arbre.

Le choc du vent contre les voiles d'un vaiſſeau pour le faire pencher ou pour le renverſer, ſuit les mêmes régles & celles de l'équilibre:
TAB. car, ſi l'on poſe ſur le vaiſſeau A B C, dont le centre de peſanteur
XVII. eſt dans la ligne D B, un poids au point C, il ſe penchera, & le cen-
Fig. 61. tre de gravité commun ſera en la ligne *b* D; ce qui ſera dans l'eau, ſera équilibre à ſoi-même, & le poids C au reſte du vaiſſeau E A qui ſera de l'autre part au-deſſus de l'eau. Or la voile D étant choquée fait le même effet qu'un grand poids; & on peut comparer leurs efforts comme ci-devant, ſelon que le vent ſera grand & que la voile ſera élevée au-deſſus du vaiſſeau; & en ſe ſervant de la manière ci-devant expliquée, on pourra connoître quelle viteſſe de vent peut renverſer un vaiſſeau, ſi l'on ſçait le poids du vaiſſeau & de ce qui eſt dedans, ſa largeur, la grandeur de ſes voiles, l'obliquité ou la direction du choc en comparant ſa force à celle d'un poids comme C: mais il faut conſidérer que le vaiſſeau ne tourne pas par le vent, comme s'il y avoit un eſſieu au point B qui tournat ſur 2 pivôts immobiles, & qu'il ne ſe renverſe pas ſi aiſément, qu'il feroit: mais auſſi en roulant il peut prendre une continuation de mouvement, qui étant jointe à une grande & ſoudaine bouffée de vent, le peut porter beaucoup au-delà de l'équilibre & le renverſer.

Lorſqu'on n'a qu'une certaine quantité d'eau pour emploïer à quelque choc, on peut augmenter ſa force en la faiſant jaillir au-deſſous d'une plus grande hauteur.

Digitized by Google

AB eſt le deſſus d'une rivière retenue. CD eſt une ouverture d'un pied quarré par où l'eau doit ſortir. Soit E le milieu de l'ouverture, & la hauteur BE de 3 pieds. Il a été démontré que le choc de l'eau par CD ſoûtiendra le poids d'un ſolide d'eau aiant pour baſe le quarré de CD, & la hauteur EB de 3 pieds; ce poids ſera donc de trois fois 70 livres ou de 210 livres. Soit maintenant l'eau retenue en ſorte que ſa hauteur ſoit de 12 pieds juſques en F, qui eſt le milieu de l'ouverture quarrée GH; le jet par F ira deux fois plus vîte que par E. Si l'on fait donc, que comme la diagonale d'un quarré eſt à ſon côté, ainſi CD ſoit à GH, la ſurface de cette ouverture ſera la moitié de celle de CD; & il y paſſera autant d'eau en même tems, parce qu'elle ira deux fois plus vîte; & le poids qu'elle ſoûtiendra par ſon choc, ſera égal au poids du ſolide qui aura pour baſe le quarré de GH & pour hauteur FB. Mais ce dernier ſolide aſant ſa hauteur quadruple du premier, & ſa baſe ſeulement moindre de la moitié, il péſera deux fois autant; & le jet par GH ſoûtiendra un poids double de celui qui eſt ſoûtenu par le jet CD. D'où l'on voit que pour faire tourner un moulin qui manqueroit d'eau, & n'en auroit que la moitié de l'ordinaire, en lui donnant une profondeur quadruple, la meme eau le feroit tourner, & feroit autant d'effet que s'il avoit deux fois autant d'eau. TAB. XVII. Fig. 62.

TROISIÈME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES.

PREMIER DISCOURS,

Des Pouces, & Lignes d'eau, dont on exprime la meſure des Eaux courantes & jailliſſantes.

LEs Fonteniers meſurent la quantité d'eau que donnent les fontaines, par les pouces & les lignes circulaires, que contiennent ſuperficiellement les ouvertures qu'elles rempliſſent en coulant très-lentement: mais ils n'ont pas bien déterminé quelle eſt la quantité d'eau que donnent ces pouces

pouces & lignes circulaires en un certain tems, ni quelle doit être l'élévation de l'eau par-deſſus ces ouvertures pour fournir cet écoulement; ce qui eſt pourtant néceſſaire pour ſçavoir ce que c'eſt qu'un pouce d'eau: car ſi l'eau ſe tenoit à 6 lignes par-deſſus une ouverture circulaire d'un pouce, elle donneroit beaucoup plus d'eau par ce pouce, que ſi elle ne le ſurpaſſoit que d'une ligne; parce que, comme il a été montré ci-devant dans la deuxième Partie, une plus grande hauteur d'eau fait aller les jets plus vîte, & les écoulemens des eaux par une même ouverture ſe font ſelon la proportion des viteſſes qu'elles ont en ſortant; ce qui ſe prouve en cette ſorte:

TAB. XVII. Fig. 63. AB eſt un bacquet plein d'eau. CEDB eſt un des côtez du bacquet, où il y a une ouverture I. GH eſt un cylindre de bois ou de glace, qui paſſe par ce trou avec une viteſſe uniforme.

Or ſi l'on ſuppoſe qu'en une ſeconde il s'avance de l'eſpace GH, il eſt manifeſte qu'en ce tems il paſſera entièrement & préciſément l'ouverture I, s'il commence à y entrer par le bout H; & que s'il va deux fois plus lentement, il lui faudra emploïer deux ſecondes pour la paſſer entièrement; & par conſéquent il n'en paſſera que la moitié en une ſeconde, & de même à l'égard des autres proportions.

On peut tirer la même conſéquence à l'égard des jets d'eau; ſçavoir, qu'il paſſera deux fois autant d'eau en même tems par l'ouverture I, quand elle va deux fois plus vîte; & que ſi en une minute elle donne 10 pintes en paſſant par cette ouverture avec une certaine viteſſe, elle en donnera 30 dans le même tems ſi elle va trois fois plus vîte.

Cela étant ſuppoſé, il eſt évident que s'il y a deux ouvertures rondes égales en un réſervoir, l'une à un pied au-deſſous de la ſurface ſupérieure de l'eau, & l'autre à 4 pieds; il ſortira par cette dernière deux fois autant d'eau en même tems, puiſqu'il a été prouvé que l'eau ſortira par cette dernière deux fois plus vîte que par l'autre.

De-là on voit que pour déterminer la quantité d'eau qui doit paſſer par l'ouverture d'un pouce, ſituée perpendiculairement, il faut néceſſairement déterminer à quelle hauteur doit être la ſurface de l'eau qui fournit l'écoulement au-deſſus du pouce circulaire.

Voici quelques expériences qui ont été faites pour déterminer cette hauteur, & la quantité d'eau qui en ſort en un certain tems.

PREMIÈRE EXPÉRIENCE.

TAB. XVII. Fig. 64. ON s'eſt ſervi d'un bacquet de fer blanc MB, long de deux pieds & large de 10 pouces, percé en C d'une ouverture quarrée d'environ 16 lignes de largeur, où l'on avoit appliqué une petite platine de cuivre percée très-exactement d'une figure circulaire d'un pouce de diamétre. Ce bacquet étant ſitué de manière que cette ouverture d'un pouce étoit verticale, on l'empliſſoit d'eau juſques par-deſſus l'ouverture,

ture, la fermant avec la main; & on y laiſſoit couler de l'eau d'un muid FG qui en étoit fort proche, en telle quantité, que paſſant toute par l'ouverture circulaire C, la ſurface ſupérieure de l'eau du bacquet demeuroit toûjours environ à une ligne plus haut que l'ouverture.

Pour faire cette expérience bien juſte, on avoit fait une ouverure à côté dans le bacquet, comme en L, un peu plus élevé que l'ouverture circulaire C, pour ſervir de décharge à l'eau ſurabondante, dont on diminuoit la hauteur comme on vouloit, par le moïen d'une petite platine de fer blanc qu'on y appliquoit avec une matière fort viſqueuſe faite de cire & de térebentine. On avoit auſſi appliqué une autre petite lame de fer blanc M à deux pouces à côté de l'ouverture C, & à une ligne plus haut moins $\frac{1}{4}$: elle étoit parallele à l'eau du bacquet, en ſorte que quand l'eau s'étendoit un peu par-deſſus, comme d'un quart de ligne d'épaiſſeur, on étoit aſſûré que la ſurface ſupérieure étoit à fort peu près plus haute d'une ligne que le haut de l'ouverture C; & ſans cette invention il ſeroit fort difficile de s'en aſſûrer, parce que l'eau fait ordinairement une petite élévation concave d'environ deux lignes de hauteur le long des corps qu'elle touche quand ils en ſont humectés; ce qui empêche de pouvoir bien remarquer la hauteur de la ſurface de l'eau à l'égard de l'ouverture C. Il y avoit auſſi dans le bacquet une traverſe DE pour recevoir le choc de l'eau qui tomboit du muid dans le réſervoir, afin qu'elle ne fît point de vagues; & cette traverſe étoit diſtante d'environ 3 pouces du fond du bacquet, & étoit percée de pluſieurs trous, afin que l'eau y paſſat librement. Cela étant bien diſpoſé, on fermoit l'ouverture avec la main ou autrement, & on empliſſoit le bacquet juſques à ce que l'eau paſſât 3 ou 4 lignes par-deſſus la petite lame M, & enſuite on laiſſoit couler l'eau en même tems par l'ouverture & par le muid; & ſi l'eau du bacquet demeuroit à cette hauteur de 3 ou 4 lignes, ou qu'elle montât encore plus haut, on baiſſoit un peu le déchargeoir L, juſques à ce que l'on vît demeurer très-peu d'eau ſur la petite lame M, comme d'un quart de ligne d'épaiſſeur, & qu'elle demeurât ſenſiblement en cet état un peu de tems. Alors on pouſſoit tout à coup un vaiſſeau N pour recevoir l'eau qui couloit par l'ouverture circulaire C, & après l'y avoir laiſſé 30 ſecondes préciſément, on le tiroit tout à coup, & on meſuroit enſuite la quantité d'eau qui étoit dedans.

Pour marquer le tems de l'écoulement, on ſe ſervoit d'un pendule de fil très-délié, chargé à ſon extrémité d'une balle de plomb de 8 lignes de diamétre. La longueur du fil étoit de 3 pieds & 8 lignes juſques au centre de la balle depuis le point de ſuſpenſion. Ce pendule emploïoit une ſeconde à chaque battement, & on s'en aſſûroit en le comparant à une pendule ou horloge très-juſte qui marquoit les ſecondes. On a réïtéré pluſieurs fois la même expérience, & on a trouvé qu'il paſſoit en 60 ſecondes par cette ouverture d'un pouce, lorſque la

ſurface ſupérieure de l'eau du bacquet étoit 7 lignes plus haute que le centre de l'ouverture, environ 13 pintes ½ meſure de *Paris*, chaque pinte peſant deux livres moins 7 gros.

Dans les païs proche de la Ligne le pendule doit être plus court, à cauſe que le mouvement de la ſurface de la terre en ces endroits eſt plus grand qu'en *France*. Mr. *Richer* & Mr. *Varin* en ont fait des obſervations; le premier à la *Cayenne*, où il l'a trouvé plus court de 1 ligne ½: & l'autre en l'Iſle de *Gorée* proche le *Cap-Verd*, où il le faloit ſeulement de trois pieds 6 lignes ½. On démontre cet effet en cette ſorte: TAB. XVII. Fig. 65. ABC repréſente un meridien paſſant par les poles B, C; AEF eſt la Ligne équinoxiale; GIMN eſt le parallele de *Paris*. Si l'on ſuppoſe le mouvement de la terre d'Occident en Orient, une pierre qui ſeroit en A, s'écarteroit de la terre par une tangente; & parce que le point A iroit auſſi vîte, ſi le mouvement vers le centre K ne ſurmontoit pas ce mouvement, elle s'eloigneroit de la terre ſelon la ligne AI: mais ce mouvement vers le centre étant plus fort, la pierre ne s'éleve pas; mais elle ne laiſſe pas de perdre une partie de ſa tendance au mouvement vers K. La même choſe arrivera à une pierre qui ſera au point G, mais ſa tendance au mouvement par la tangente ſera beaucoup moins forte, parce que le point A ſe meut beaucoup plus vîte que le point G. Donc il retardera moins une pierre qui tombe de G vers K centre de la terre, & meme la ſituation oblique du petit cercle GM à l'égard de la ligne GK, peut encore un peu diminuer de ce retardement vers le centre: car GL, ligne oblique à KG, étant égale à GO, le point L ſera moins éloigné de K que le point O; par ces deux cauſes la pierre étant lachée en I, deſcendra moins vite vers A, que la pierre en L ne deſcendra vers G. Donc le mouvement du poids d'un pendule ſera plus lent vers A que vers G, & par conſéquent pour les faire iſocrones, il faut que le fil du pendule ſoit plus court vers A que vers G.

Il eſt manifeſte qu'on ne peut trouver préciſément la même quantité d'eau dans toutes les experiences, & qu'on y trouvera toûjours quelque petite différence par pluſieurs cauſes: ſçavoir, qu'il eſt difficile de commencer à compter les ſecondes au même moment que l'eau commence à couler; qu'on ne peut retirer le vaiſſeau préciſément quand la 30e. ſeconde finit; que l'ouverture par où l'eau coule, n'eſt pas parfaitement perpendiculaire, ou qu'elle n'eſt pas exactement d'un pouce; ou que le fil du pendule ſe peut un peu allonger ou accourcir pendant l'expérience; ou enfin que la hauteur de l'eau eſt un peu plus ou un peu moins haute qu'une ligne à l'endroit de la petite lame M; toutes leſquelles choſes empêchent l'exactitude préciſe: mais entre le plus & le moins on a trouvé cette meſure de 13 pintes ½. Si on veut ſçavoir l'eau que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme de 6 lignes de diamétre ou de 4 lignes; il les faut placer en ſorte que leurs cen-

centres ſoient à 7 lignes au-deſſous de la ſurface de l'eau du bacquet: car ſi le plus haut de chaque ouverture étoit placé a une ligne de diſtance de la ſurface, elles donneroient beaucoup moins d'eau que ſelon la proportion de leurs grandeurs; mais ſi on les diſpoſe en ſorte que le centre de leurs ouvertures ſoit à méme diſtance de la ſuperficie de l'eau, elles donneront de l'eau à peu près ſelon la proportion. Voici les expériences qui en ont été faites.

II. EXPÉRIENCE.

ON a fait couler pluſieurs fois l'eau du méme bacquet par une ouverture de 6 lignes, dont le centre étoit toûjours à 7 lignes de diſtance de la ſurface de l'eau pendant l'écoulement; & on a trouvé entre le plus & le moins 15 demi ſeptiers en une minute, quoique la ſurface de cette ouverture ne ſoit que le quart de celle d'un pouce circulaire, & que ſelon cette proportion il n'en dût ſortir pendant une minute que le quart de 13 pintes; ſelon la 4e. régle de l'équilibre par le choc. Cette différence procéde de pluſieurs cauſes:

1°. Qu'encore que l'eau du bacquet ſoit à une ligne de hauteur pardeſſus l'ouverture d'un pouce, elle n'y reſte joignant cette ouverture que d'environ un tiers de ligne pendant ſon écoulement; ce que l'on connoît aiſément par une particuliére réflexion de lumiére qui ſe fait en cet endroit où l'eau ſe baiſſe plus que dans le reſte du bacquet: & ce baiſſement ſe fait à cauſe que l'eau qui ſuccéde à celle qui coule, doit venir des parties voiſines, comme il a été expliqué ci-devant, & qu'y en aiant trop peu par le haut proche le trou, il faut qu'elle s'abbaiſſe preſque toute pour paſſer; ce qui diminue de la force de la preſſion de l'eau, & retarde la viteſſe de l'écoulement.

2°. Que venant peu d'eau par en-haut, il faut en recompenſe qu'il en vienne de bien loin pour ſuccéder à celle qui coule; ce qui retarde encore ſa viteſſe. Mais la même choſe n'arrive pas au trou de 6 lignes, parce que ne devant donner que le quart autant d'eau que le pouce, & ſon ouverture etant ſurmontée de 4 lignes d'épaiſſeur d'eau, il ne s'y fait point d'enfoncement ſenſible; & par conſéquent l'eau eſt preſſée par ces 4 lignes entiéres, outre que l'eau qui doit ſuccéder à celle qui coule, ne vient pas de ſi loin que quand l'ouverture eſt d'un pouce; & afin que le deſſus de l'eau qui eſt directement au-deſſus de l'ouverture d'un pouce, fût 7 lignes plus haut que ſon centre, il faudroit que dans le reſte du bacquet elle fût à 8 lignes de hauteur à peu près.

Il y a encore une autre cauſe, qui eſt, que les viteſſes des écoulemens étant en raiſon ſous-doublée des hauteurs des eaux, ainſi qu'il a été dit; s'il y a un bacquet comme A B, percé au fond d'une ouverture horiſontale, comme *a b c d*, & d'une autre verticale *e f g h*, égales entr'elles; & que l'eau ſoit élevée dans le bacquet à la hauteur préciſe TAB. XVII. Fig. 66.

ſe *ef*; il ne doit ſortir par cette ouverture verticale que les $\frac{4}{5}$ d'autant d'eau qu'il en ſortira par celle qui eſt au fond du bacquet en même tems, ſi on entretient l'eau à la hauteur *ef*; ce qui ſe prouve en cette ſorte:

L'eau qui ſort par le bas de l'ouverture verticale *eb*, a ſa viteſſe à l'égard de celle qui ſort par L I en raiſon ſous-doublée de la hauteur *eg* à la hauteur *e* L, & de même à l'égard de toutes les diviſions horiſontales qu'on peut faire dans le quarré *efgb*, à inégales diſtances: d'où il ſuit, que ſi la viteſſe de l'eau de la 1e. diviſion vers le haut eſt 1 ou R. 1, celle de la 2e. ſera R. 2, celle de la 3e. R. 3, &c. ce qui eſt dans la même proportion que les ordonnées d'une parabole. Soit donc A C D une parabole, dont la baſe C D ſoit celle du rectangle C D P Q; & ſoit diviſé l'axe A B en pluſieurs parties égales par les lignes E F, G H I L, M N, &c. paralleles à B D: ces lignes ſeront les ordonnées. Or par la propriété de cette figure les quarrez des ordonnées ſont entr'eux comme les ſegmens de l'axe qui leur correſpondent, A E, A G, A I, A M, &c. & ces ſegmens ſont entr'eux comme les nombres de ſuite 1, 2, 3, 4, &c. Donc ces quarrez ſeront auſſi entr'eux comme 1, 2, 3, 4, &c. & par conſéquent les lignes O E F, R G H, S I L, T M N, ſeront entr'elles comme R. 1, R. 2, R. 3, R. 4, &c. Or ſi on prend toutes les ordonnées qu'on peut tirer paralleles à B D infinies en nombre pour la parabole, elles ſeront aux lignes infinies qui compoſent le rectangle C D A, comme la parabole eſt au rectangle. Mais le triangle C A D, qui eſt la moitié du rectangle P Q C D, eſt les $\frac{2}{3}$ de la parabole, comme il a été prouvé par *Archiméde*. Donc ſi le triangle eſt 3, le rectangle ſera 6, & la parabole 4; donc elle eſt les $\frac{2}{3}$ du rectangle.

TAB. XVII. Fig. 67.

Ceux qui ne ſçavent pas les propriétez de la parabole, pourront connoître par le calcul cette vérité à peu près, en prenant la ſuite de ces ordonnées en nombres, en tirant leurs racines quarrées, par le dixme, comme en la table ſuivante, où le premier rang vaut les nombres entiers, le ſecond les dixièmes, le troiſième les centièmes, &c.

Vaut.	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 1	1.			
R. 2	1.	4.	1.	4.
R. 3	1.	7.	3.	2.
R. 4	2.			
R. 5	2.	2.	3.	6.
R. 6	2.	4.	4.	9.
R. 7	2.	6.	4.	5.
R. 8	2.	8.	2.	8.
R. 9	3.			
R. 10	3.	1.	6.	2.

Vaut	*Nomb.*	*Dix.*	*Cent.*	*Mil.*
R. 11	3.	3.	1.	6.
R. 12	3.	4.	6.	2.
R. 13	3.	6.	0.	5.
R. 14	3.	7.	4.	3.
R. 15	3.	8.	7.	2.
R. 16	4.			
R. 17	4.	1.	2.	3.
R. 18	4.	2.	4.	2.
R. 19	4.	3.	5.	8.
R. 20	4.	4.	7.	2.
R. 21	4.	5.	8.	2.
R. 22	4.	6.	9.	1.
R. 23	4.	7.	9.	2.
R. 24	4.	8.	9.	9.

Or ſi l'on ne prend la ſomme que des 12 premiers nombres, elle eſt un peu plus grande que 29 ; & 12 fois le douzième nombre, ſçavoir 3, $\frac{4}{13}$, $\frac{4}{156}$, $\frac{4}{1680}$, donne un produit un peu plus grand que 41 $\frac{1}{4}$; & par conſéquent cette ſomme, qui eſt la parabole, eſt plus grande que les $\frac{2}{3}$ de ce produit qui eſt le rectangle. Mais ſi on prend celle des 24 nombres, on trouvera un peu plus de 79 pour la parabole ; & le produit du dernier 4, $\frac{4}{14}$, $\frac{4}{168}$, $\frac{4}{1848}$, par 24, eſt un peu plus que 117, dont les $\frac{2}{3}$ ſont 78; & ainſi la ſomme de ces 24 nombres ne differe des $\frac{2}{3}$ de ce produit que de l'unité à peu près, & on en approche plus que quand on ne prend que les 12 premiers nombres; & ſi l'on continue à augmenter la table par un plus grand nombre de diviſions, la difference de cette ſomme & de ce produit diminuera toûjours, & l'on pourra juger qu'elle arriveroit enfin au $\frac{2}{3}$ préciſément.

On voit auſſi, que ſi on prend les 6 nombres du milieu des 12, ils ſurpaſſeront enſemble la ſomme des 3 premiers & des 3 derniers ; & que la ſomme des 6 premiers & des 6 derniers des 24, ſera moindre que la ſomme des 12 du milieu: ce qui doit arriver néceſſairement, & on en fait la démonſtration en cette ſorte:

Les extrêmes des quarrez des nombres qui ſont en progreſſion arithmétique, ſont plus grands que ceux des nombres du milieu: comme les quarrez de 2 & de 8, qui ſont 68, ſont plus grands que 52, ſomme des quarrez de 4 & de 6; & l'excès eſt 16, produit du quarré de la différence par le nombre de la progreſſion. Or, puiſque les quarrez des ordonnées de la parabole ſont en progreſſion arithmétique, & que les extrêmes enſemble ſont égaux à ceux du milieu; il s'enſuit que leurs racines ne ſont pas en progreſſion arithmétique, & que les premières & les dernières enſemble ſont moindres que celle du milieu: car ſi elles étoient égales, ces quarrez extremes ſeroient plus grands.

TAB. XVII. Fig. 68.

Et parce que les écoulemens des eaux ſuivent leurs viteſſes, il s'enſuit que s'il y a 8 diviſions au quarré *ABCD*, les 4 du milieu qui ſont le rectangle *EFGH*, donneront plus d'eau que les 4 extrêmes, qui ſont les deux rectangles *AH*, *FD*; & que *LMNO*, qui eſt la moitié de ce rectangle & le quart du grand quarré, donnera plus du quart de toute l'eau que donne le grand quarré.

Il arrive donc par cette cauſe & par celle de la difficulté de l'écoulement, qu'une ouverture quarrée de 6 lignes aiant l'eau 4 lignes au-deſſus, donne plus que le quart de celle que donne un pouce quarré ſurmonté ſeulement d'une ligne d'eau proche l'ouverture. Il eſt vrai qu'il y a un peu moins de frottement à proportion contre les bords du grand trou, que du petit; ce qui donne un peu d'avantage au grand: mais les autres choſes étant plus conſidérables, il doit toûjours ſortir plus d'eau à proportion par les moindres trous juſques à 2 lignes de diamétre, que par les plus grands; ce que j'ai trouvé conforme aux expériences.

TAB. XVII. Fig. 69.

La même choſe doit arriver à peu près, & par les mêmes cauſes, aux ouvertures circulaires; c'eſt-à-dire, que ſi l'on prend dans le grand cercle *ABCD*, le petit intérieur & concentrique *EF*, dont le diametre *EF* ſoit égal à la moitié de *AC*, & par conſéquent la ſurface égale au quart de celle du grand cercle; il paſſera par cette ouverture un peu plus du quart de celle qui paſſera par l'ouverture entière *ABCD*: ce qu'on a trouvé conforme à toutes les expériences dans les petites élévations de l'eau au-deſſus des ouvertures; le grand cercle aiant donné toûjours à peu près 13 pintes en une minute, & le petit 15 demi ſeptiers, comme il a été dit.

Il arrive encore, que ſi la petite ouverture par où paſſe l'eau, eſt ſituée horiſontalement au fond du bacquet, en ſorte que l'eau coule perpendiculairement de haut en bas, il en coulera plus en même tems que ſi dans un autre bacquet l'onverture étoit verticale, & le jet horiſontal, quoique la ſurface de l'eau fût autant élevée par-deſſus le centre de cette dernière, que par-deſſus l'autre; ce qui procéde de ce que l'eau ſortant de haut en bas, elle accélére ſa viteſſe, & à cauſe de ſa viſcoſité elle entraîne plus vîte les parties qui lui ſont contigues, & même celles qui ſont proches de l'ouverture au dedans du réſervoir. Et il en ſortira encore moins d'une pareille ouverture, ſi elle eſt diſpoſée à faire jaillir l'eau perpendiculairement de bas en haut par l'ouverture *C*, parce que l'eau va plus vîte en *D* qu'en *E*, & ainſi celle du deſſous eſt toûjours un peu retardée.

TAB. XVII. Fig. 70.

On a trouvé par pluſieurs expériences, que s'il ſortoit 15 pintes en un certain tems par un jet de 4 lignes d'ouverture qui couloit de haut en bas, il n'en ſortoit que 14 à peu près lorſqu'on le faiſoit jaillir perpendiculairement de bas en haut, quoique ſurmonté d'une pareille hauteur d'eau; & cela arrive particuliérement dans les médiocres hauteurs

des

des réſervoirs: car s'ils ſont de 20 ou 30 pieds, la différence eſt bien moins ſenſible, à cauſe que l'eau ſort ſi vîte de haut en bas en ſon commencement, qu'il ne ſe fait point d'accélération conſidérable dans l'eau du jet qui eſt au-deſſous de l'ouverture ; parce qu'une goute d'eau tombant n'acquiert guéres plus de viteſſe que celle de l'eau qui ſort par un trou quand la ſurface de l'eau du réſervoir eſt à 30 pieds au-deſſus, comme il a été expliqué à la fin du *Traité du choc des Corps*.

Par toutes ces raiſons & ces expériences, on voit qu'il eſt difficile de déterminer ce que c'eſt qu'un pouce d'eau: & parce que les dépenſes des jets d'eau ſe font ordinairement par de grandes hauteurs de réſervoirs & par de médiocres ouvertures d'ajutages, on doit plûtôt ſe régler par les expériences des médiocres ouvertures, comme de 6 lignes ou de 4 lignes, que par celles d'un pouce entier. J'ai pris un milieu entre les expériences de ces ouvertures différentes, tant pour la facilité du calcul, que pour avoir une meſure certaine, & ôter toute difficulté.

J'appelle ici un pouce d'eau, l'eau qui coulant pendant l'eſpace d'une minute donne 14 pintes, meſure de *Paris*, de celles qui paſſent un peu les bords, & qui péſent deux livres chacune. L'ouverture d'un pouce donnera cette quantité ſi l'eau eſt une ligne au-deſſus de l'ouverture; mais il faudra qu'elle ſoit deux lignes plus haut dans le reſte du bacquet, afin qu'elle ſoit préciſément une ligne plus haut au-deſſus de l'ouverture. Pour les ouvertures de 6 lignes & au-deſſous, il ſuffira que l'eau du bacquet ſoit 7 lignes au-deſſus des centres.

Cette meſure ainſi déterminée eſt très-commode pour le calcul, parce que dans l'eſpace d'une heure le pouce donnera 3 muids de *Paris*, & en 24 heures 72 muids. Ceux qui ignorent la meſure de *Paris* & qui connoiſſent la livre, pourront faire aiſément ces calculs: au lieu que ſi l'on prenoit pour le pouce 13 pintes & $\frac{1}{2}$ de celles qui péſent 2 livres moins 7 gros, il ne donneroit que 66 muids plus $\frac{5}{7}$ en 24 heures, & ces fractions donneroient beaucoup de peine, quand on voudroit connoître les différentes dépenſes d'eau par des différens ajutages mis au-deſſous de différentes hauteurs de réſervoirs. Pour confirmer cette régle, on a fait l'expérience ſuivante.

III. EXPÉRIENCE.

ON a pris un vaiſſeau quarré en tout ſens, contenant un pied cube juſques au 12e. pouce; mais la derniére diviſion étoit de deux lignes au-deſſous du haut du vaiſſeau. On y fit couler de l'eau par le moïen d'un bacquet, où il y avoit une ouverture d'un pouce circulaire, comme on l'a décrit ci-devant: la petite lame M (fig. 64.) étoit 2 lignes $\frac{1}{2}$ plus haut que le deſſus de l'ouverture, en ſorte que joignant le deſſus de cette ouverture, la ſurface de l'eau demeuroit une ligne plus haut, quand elle étoit 2 lignes plus haut dans le reſte du bacquet. Ce pied

cube fut rempli juſques au 12e. pouce inclus par l'eau coulante, dans l'eſpace de deux minutes & demi: d'où il s'enſuit, que l'ouverture circulaire ainſi diſpoſée donna 14 pintes, ou 28 livres d'eau, en une minute, puiſqu'elle donna 35 pintes en 2 minutes & demi.

On ſçaura facilement par ce moïen les pouces d'eau que donne une médiocre fontaine, ou un ruiſſeau coulant: car il ne faut qu'en recevoir l'eau dans quelque vaiſſeau, ou dans quelque lieu qu'on puiſſe meſurer & qui tienne l'eau, en comptant quel nombre on voudra de minutes ou de ſecondes: par exemple, ſi l'on a reçû dans le vaiſſeau 7 pintes en 30 ſecondes, on dira que cette eau coulante eſt d'un pouce; ſi elle a donné 21 pintes, on dira qu'elle eſt de 3 pouces; & ainſi dans les autres proportions.

SECOND DISCOURS,

De la meſure des Eaux jailliſſantes ſelon les différentes hauteurs des réſervoirs.

IL a été prouvé que les quantitez d'eau qui ſortent par des ouvertures égales faites au-deſſous des réſervoirs de différentes hauteurs, ſont entr'elles en raiſon ſous-doublée des hauteurs; mais pour confirmer cette régle par les expériences, j'en ai fait pluſieurs avec une grande exactitude, dont voici les principales.

I. EXPÉRIENCE.

Pour la dépenſe des eaux jailliſſantes au-deſſous de différentes hauteurs de réſervoirs.

UNe ouverture de 6 lignes aiant ſon centre à 39 lignes au-deſſous de la ſurface de l'eau du bacquet, a donné en une minute 8 pintes $\frac{5}{7}$ de celles qui ne péſent que 2 livres moins 7 gros; l'eau couloit horiſontalement, comme en l'expérience ci-deſſus, où la même ouverture avoit ſon centre 7 lignes au-deſſous de la ſurface de l'eau du bacquet, & donnoit 15 demi ſeptiers en une minute. Pour comparer ces deux expériences ſelon la régle, il faut prendre le nombre moïen proportionnel entre 7 & 39, qui eſt $16\frac{1}{2}$ à peu près; & aux trois nombres, 7, $16\frac{1}{2}$, & 15, trouver le 4e. proportionnel, qui eſt $35\frac{3}{7}$ à peu près: 35 demi ſeptiers $\frac{3}{7}$, ſont 8 pintes $\frac{5}{7}$; & par conſéquent ces dépenſes d'eau ont été ſelon la raiſon ſous-doublée des hauteurs des réſervoirs.

II. EX-

Digitized by Google

II. EXPÉRIENCE.

UN tuyau aiant ſa hauteur de 16 pouces a donné par une ouverture de 3 lignes un peu foibles appliquée au fond par où l'eau couloit perpendiculairement, 2 pintes & demi & environ 2 cueillerées, en 30 ſecondes, entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 16 pouces. On a mis au fond d'un autre tuyau la même plaque où étoit cette ouverture de 3 lignes: ce deuxième tuyau avoit la hauteur de ſon eau à 64 pouces, qui eſt une hauteur quadruple de la première de 16 pouces; & par conſéquent il devoit donner le double de deux pintes; & 2 cueillerées, en entretenant toûjours l'eau à cette hauteur de 64 pouces; ce qu'on a prouvé par expérience; car il eſt ſorti de ce tuyau 5 pintes & environ 4 ou 5 cueillerées d'eau dans le même tems de 30 ſecondes. Cette expérience a été faite avec grand ſoin & réïtérée juſqu'à trois fois. On en a fait encore quelques autres pour les eaux qui jailliſſent de bas en haut juſques à 5 ou 6 pieds de hauteur, & on a toûjours trouvé la même raiſon ſous-doublée des hauteurs des réſervoirs. On pourra donc prendre pour véritable la régle ſuivante.

RÈGLE.

Pour la meſure des eaux jailliſſantes.

LEs jets d'eau qui ſortent par des ouvertures égales au-deſſous de différentes élévations de réſervoirs, dépenſent de l'eau à l'égard l'un de l'autre, ſelon la raiſon ſous-doublée des hauteurs des ſurfaces ſupérieures de l'eau des réſervoirs. Pour pouvoir trouver aiſément par le calcul toutes les quantitez d'eau que donnent les réſervoirs, de quelques hauteurs qu'ils ſoient, j'ai choiſi une hauteur médiocre à laquelle on peut rapporter aiſément toutes les autres: cette hauteur eſt 13 pieds; & j'ai trouvé par pluſieurs expériences très-exactes qu'une ouverture ronde de 3 lignes de diamétre étant à 13 pieds au-deſſous de la ſurface ſupérieure de l'eau d'un large tuyau, donnoit un pouce, c'eſt-a-dire, qu'il en ſortoit pendant le tems d'une minute 14 pintes, meſure de *Paris*, de celles qui péſent 2 livres, & dont les 35 font le pied cube.

Les expériences ont été faites en cette manière: Le tuyau étoit recourbé par en-bas, & avoit un réſervoir C, qui tenoit environ 20 pintes: le trou de 3 lignes étoit au point G; ſon diamétre étoit tel que les deux pointes d'un compas dont l'ouverture étoit de 3 lignes juſtes, entroient dedans préciſément ſans s'appuïer ſur les bords, & ſans laiſſer d'intervalle vuide: D E G F eſt une ligne horiſontale où étoit l'ouverture G: il y avoit 13 pieds depuis D juſques à C où étoit la ſurface de l'eau dans le réſervoir: on avoit meſuré 24 pintes dans trois vaiſ- TAB. XVII. Fig. 72.

ſeaux, & l'on s'accordoit à les verſer de manière que l'eau demeuroit toûjours à une marque B faite à coté du réſervoir à la hauteur C; & lorſqu'en verſant l'eau baiſſoit de quelque ligne, on en verſoit un peu plus vîte juſques à ce qu'elle paſſat la marque d'autant de lignes à peu près. On tenoit l'ouverture G fermée avec le pouce, & l'on mettoit en mouvement le pendule à ſecondes: celui qui tenoit l'ouverture fermée commençoit à l'ouvrir au commencement d'une ſeconde, & comptoit les ſecondes de ſuite en diſant 0, 1, 2, 3, &c: ceux qui verſoit l'eau prenoient garde, que lorſqu'on commençoit à compter, l'eau fût préciſément à la hauteur de la marque, & ils achevoient de verſer leurs 14 pintes entre 0, & la 60e. ſeconde. Je fis cette expérience d'une autre manière, pour éviter le doute de l'inégalité de l'eau qu'on verſoit: On mit 7 pintes dans le réſervoir depuis une marque comme H juſques à une autre comme L en égale diſtance du point B; on tenoit l'ouverture fermée juſques à ce qu'on commençât à compter les ſecondes, & on obſervoit que le haut de l'eau étoit au point L.

Il eſt aiſé de juger que pendant cet écoulement il ſortoit ſenſiblement autant d'eau que ſi elle fût toûjours demeurée à la hauteur médiocre B de 13 pieds, parce que ſi elle alloit plus vîte étant en L, elle alloit auſſi moins vîte étant en H dans la même proportion.

Les expériences que j'ai faites à de grandes hauteurs, comme 35 pieds, donnoient environ un 17e. ou un 18e. moins que ſelon la raiſon ſous-doublée de 13 pieds à ces hauteurs; & celles que j'ai faites à des hauteurs de 6 ou 7 pieds, donnoient un peu plus; ce qui procéde du frottement plus grand ou moindre contre les bords de l'ouverture de 3 lignes, & de la moindre ou plus grande réſiſtance de l'air: mais comme ces différences ſont peu conſidérables, on peut faire les calculs préciſément ſelon la régle de la raiſon ſous-doublée. Voici une table des quantitez d'eau que donnent les réſervoirs de différentes hauteurs juſques à 52 pieds par un ajutoir de 3 lignes de diamétre.

Table des dépenſes d'eau à différentes élévations de réſervoirs ſur trois lignes de diamétre d'ajutoir pendant une minute.

Hauteurs des réſervoirs.	Dépenſe d'eau.
6 pieds	9 pintes $\frac{1}{3}$.
9 pieds	11 pintes $\frac{2}{3}$
13 pieds	14 pintes
18 pieds	16 pintes $\frac{1}{2}$
25 pieds	19 pintes $\frac{1}{3}$
30 pieds	21 pintes $\frac{1}{3}$
40 pieds	24 pintes $\frac{1}{2}$
52 pieds	28 pintes

Voi-

Digitized by Google

Voici comme on en fait les calculs. Soit 2 pieds la hauteur du réſervoir; le produit de 2 par 13 eſt 26, dont la racine eſt 5 $\frac{1}{10}$ à peu près; comme 13 à 5 $\frac{1}{10}$, ainſi 14 pintes à 5 $\frac{1}{2}$ à peu près: d'où l'on conclut qu'un réſervoir de 2 pieds de hauteur par 3 lignes donnera 5 pintes & $\frac{1}{2}$ en une minute.

Si la hauteur étoit 45 pieds, on prendroit la racine quarrée de 585, produit de 13 par 45; cette racine eſt 24 $\frac{1}{10}$ à peu près; donc comme 13 à 24 $\frac{1}{10}$ ainſi 14 à 26 à peu près: d'où l'on connoîtroit qu'un réſervoir de 45 pieds donneroit 26 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes.

Lorſqu'on applique un long tuyau étroit à un large réſervoir, & que ce tuyau eſt perpendiculaire, il donne plus d'eau que ſi le tuyau n'y étoit pas, & qu'il y eût ſeulement au bas du réſervoir une ouverture égale à l'ouverture du tuyau. Voici quelques expériences que j'en ai faites:

A B C D eſt un réſervoir d'un pied de largeur & de hauteur. On met à l'ouverture E un tuyau de verre de 3 pieds, large de 3 lignes en-haut & de 3 lignes $\frac{1}{2}$ en-bas vers F. S'il n'y eût eu qu'un trou de 3 lignes en E ſans tuyau, il eût donné en 60 ſecondes un peu moins de 4 pintes ſelon les régles ci-deſſus; & s'il eût été large également par-tout comme A B, la hauteur G E étant de 4 pieds & l'ouverture E étant de 3 lignes, il eût donné environ 8 pintes $\frac{1}{2}$ par les mêmes régles: mais le tuyau y étant, il n'a donné environ que ſelon la moïenne proportionnelle entre 4 pintes & 8 pintes $\frac{1}{2}$. La cauſe de ce qu'il donne plus que par 3 lignes en F, procéde de l'accélération qui ſe fait de l'eau coulante par le tuyau qui augmenteroit ſelon les nombres impairs, s'il n'y avoit que le tuyau; mais elle eſt retenue par celle qui eſt dans le réſervoir qui diminue cette accélération, parce qu'elle ne peut s'en ſéparer; mais auſſi celle du tuyau fait ſuivre plus vîte celle qui eſt dans le réſervoir, qu'elle ne feroit, ſi le tuyau n'y étoit pas ajuté, & par ce moïen il ſe fait une viteſſe moïenne d'écoulement qui change ſelon la longueur & la largeur des petits tuyaux. TAB. XVII. Fig. 72.

J'ai remarqué dans ces expériences, que le tuyau étant inégalement large aux deux extrémitez, comme en celui-ci, qui étoit de 3 lignes à un bout, & de 3 $\frac{1}{2}$ à un autre, il donnoit toûjours la méme quantité, quelque bout, qu'on mît dans le trou E; ce qui procédoit de ce que toute l'eau ſe vuidoit toûjours en même tems, demeurant tout rempli d'un bout à l'autre.

J'ai fait une autre expérience ſemblable. On avoit ſoudé un tuyau de 6 pieds de longueur & d'un pouce de largeur à l'ouverture E d'un pied cube, qui aiant été rempli d'eau avec le tuyau s'eſt vuidé en 37 ſecondes; & aiant coupé le tuyau par le milieu H, il ſe vuida en 45; & le coupant par le haut E', il ſe vuida en 95: d'où l'on voit que la longueur du tuyau donne plus d'accélération.

Un

Un autre bacquet dont l'eau étoit à 4 pouces au-deſſus du trou E de 4 lignes où eſt le tuyau E F, a donné, lorſqu'il étoit de 2 pieds de hauteur, 12 meſures ; de celles dont il n'eût donné que 8 ; par la hauteur de 4 pouces ; & ſi le bacquet eût été juſques à F, il en eût donné juſques à 18 ½ : ainſi c'eſt un moïen proportionnel qui procéde de l'accélération de l'eau qui remplit toûjours le tuyau, & fait deſcendre plus vîte l'eau par E, mais non pas ſi vîte que ſi le bacquet avoit 28 pouces de hauteur : on a trouvé ces 8 ½, le même tuyau n'aiant qu'un pouce de hauteur, parce qu'il ſe faiſoit peu d'accélération. Un autre tuyau de 4 pieds fit preſque le même effet ; il avoit 4 lignes à un bout & 4 ½ à l'autre : on le mit au trou E ſelon les deux poſitions ; & il donna la même quantité d'eau, ſinon qu'il ſembloit que les 4 lignes étant en E & les 4 ½ en F, il en ſortît 3 ou 4 cueillerées davantage.

TAB. XVII. Fig. 72. 73.

Mais aiant appliqué un tuyau étroit de 2 pieds & demi de longueur & ½ de lignes d'ouverture, il n'en eſt pas ſorti ½ davantage, quand le tuyau étoit de ſa longueur, que quand il étoit ſeulement d'un pouce ; ce qui procéde du frottement le long du tuyau étroit qui empéche l'eau d'accélérer ſa viteſſe en tombant.

TROISIÈME DISCOURS,

De la meſure des Eaux jailliſſantes par des ajutoirs de différentes ouvertures.

ON a vû dans le 3e. Diſcours de la 2e. Partie, que les eaux qui jailliſſoient avec des viteſſes égales par de différentes ouvertures, faiſoient équilibre par leur choc avec des poids qui étoient l'un à l'autre en raiſon doublée des diamétres des ouvertures. On doit dire la même choſe à l'égard de la dépenſe de l'eau qui ſort par des ajutoirs différens au-deſſous des réſervoirs d'égales hauteurs, ſçavoir qu'ils dépenſent de l'eau ſelon la raiſon doublée des diamétres des ouvertures : on en fait la démonſtration en cette ſorte.

DÉMONSTRATION.

TAB. XVII. Fig. 74.

A B eſt un plan percé d'une ouverture ronde *e f*. C D eſt un autre plan percé d'une autre ouverture *g h* plus petite. I L eſt un cylindre paſſant entiérement par l'ouverture *e f* en un certain tems, comme de 2 ſecondes ſelon une viteſſe uniforme. M N un autre cylindre de même longueur, mais dont la baſe eſt plus petite, laquelle paſſe auſſi entiérement par l'ouverture *g h* dans le même tems de deux ſecondes. Il eſt manifeſte que ſi le diamétre *e f* du cylindre I L, qui eſt le même, que

Digitized by

que celui de l'ouverture, eſt double du diamétre *g b*; le grand cylindre ſera quadruple de l'autre, puiſqu'ils ſont l'un à l'autre comme leurs baſes, dont chacune eſt ſuppoſée égale à l'ouverture par où ils paſſent. Or puiſqu'ils vont de même viteſſe, quand la moitié du grand cylindre ſera paſſée, la moitié du petit le ſera auſſi, & ce qui ſera paſſé de l'un & de l'autre, ſera toûjours dans la même proportion de 4 à 1. Donc ſi on ſuppoſe que ces cylindres ſoient des jets d'eau qui aillent de même viteſſe, il paſſera toûjours en même tems 4 fois autant d'eau par la grande ouverture que par la petite, qui eſt la raiſon doublée des diamétres des ouvertures, & de même à l'égard des autres proportions. Pour confirmer cette régle, on a fait les expériences ſuivantes.

I. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir, aiant 12 pieds 4 pouces d'élévation, a donné par une ouverture de 3 lignes bien meſurées 14 pintes en 61 ſecondes $\frac{1}{2}$, en l'entretenant plein; & par un trou de 6 lignes bien meſurées, il a donné la même quantité en 15 ſecondes $\frac{1}{4}$: c'eſt à peu près ſelon la proportion doublée des diamétres; car il en eût donné 56 pintes $\frac{1}{4}$ environ dans le tems de 62 ſecondes.

II. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir de 24 pieds 5 pouces de hauteur a donné par la même ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 ſecondes $\frac{1}{2}$, & une autre fois en 45; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 11 & $\frac{1}{4}$ à peu près; & aiant réïteré l'expérience, elle les a données en 11 ſecondes préciſément. Par ces deux expériences & par pluſieurs autres ſemblables qu'on a faites dans de médiocres hauteurs depuis 5 pieds juſques à 27, on a trouvé que les différentes ouvertures donnoient toûjours de l'eau ſenſiblement & à fort peu près ſelon les proportions de leurs ſurfaces, & qu'on peut ſuivre cette régle.

RÉGLE.

Pour la dépenſe des eaux jailliſſantes.

LEs jets d'eau par différentes ouvertures miſes au-deſſous de réſervoirs d'égales hauteurs donnent de l'eau ſelon la raiſon des ouvertures, ou ſelon la raiſon doublée des diamétres des ouvertures.

Table des dépenſes d'eau pendant une minute par différens ajutoirs ronds, l'eau du réſervoir étant à 13 pieds de hauteur.

Diamétres.	*Dépenſes.*
Par l'ajutoir de 1 ligne	1 pinte & $\frac{15}{16}$.
par 2 lignes	6 pintes. $\frac{3}{4}$.
par 3 lignes	14 pintes.
par 4 lignes	25 pintes à peu près.
par 5 lignes	39 pintes.
par 6 lignes	56 pintes.
par 7 lignes	76 $\frac{1}{2}$.
par 8 lignes	110 $\frac{5}{8}$.
par 9 lignes	126
par 12 lignes	224 pintes.

Si l'on veut ſe ſervir du calcul des pouces, on trouvera que l'ouverture de 3 lignes donnera un pouce, celle de 6 lignes 4 pouces, & celle de 12 lignes 16 pouces.

Il y a quelquefois des cauſes qui empêchent l'exactitude de ces régles de manière que fort ſouvent les grandes ouvertures donnent un peu plus à proportion que les plus petites, & quelquefois elles donnent moins. De même les plus grandes hauteurs donnent quelquefois un peu plus que ſelon la raiſon ſous-doublée, & quelquefois elles donnent un peu moins. J'en ai fait les expériences ſuivantes.

III. EXPÉRIENCE.

JE pris un tuyau de demi pied de diamétre & d'environ 6 pieds de hauteur, aiant un tambour ou réſervoir au haut qui contenoit environ 12 pintes; je mis au fond la même plaque percée d'une ouverture de 12 lignes qui avoit ſervi aux premières expériences, & une autre de 4 lignes dans le même fond; l'ouverture de 12 lignes étoit diſtante d'environ un pouce du bord de la baſe, & celle de 4 lignes auſſi à un pouce; on mettoit un grand bacquet au-deſſous où il y avoit une ſéparation qui le diviſoit inégalement, on l'ajuſtoit en ſorte que l'eau qui couloit par les 4 lignes, entroit en la petite ſéparation, & celle qui couloit par le pouce dans l'autre; le tuyau étant plein, on laiſſoit couler en même tems les 2 ouvertures, & on retiroit le bacquet tout à coup, en ſorte que les 2 ouvertures ceſſoient d'y couler ſenſiblement en un même moment: on a toûjours trouvé que le grand trou, qui ſelon la 2e. régle devoit donner 9 fois autant que le petit, n'en donnoit que 8 fois autant, & 8 fois & quelque peu davantage dans d'autres expériences. La cauſe de cet effet eſt la même que celle dont on a parlé ci-devant, ſçavoir que l'eau ne coule pas ſi facilement par la grande ouverture que par

par la petite: car la grande devant donner 9 fois autant d'eau, il faut que celle qui doit ſuccéder à celle qui coule, vienne de près d'un pied de circonférence, & la diſtance d'un côté du tuyau n'étoit que d'un pouce, & la plus éloignée ſeulement de 4 pouces; ce qui retardoit l'écoulement, l'eau ſupérieure ne pouvant venir auſſi vîte qu'il eût été néceſſaire: au lieu que dans la petite ouverture il ſuffiſoit d'une diſtance d'un pouce de tous côtez pour fournir aſſez vîte à l'écoulement; & cette defférence faiſoit ce 9e. de différence dans les quantitez des eaux écoulées, comme dans l'expérience du pouce dont le centre étoit plus bas que la ſurface de l'eau de 7 lignes qui ne donnoit que 13 pintes $\frac{1}{2}$, au lieu que le trou de 6 lignes donnoit le quart de 15 pintes, ſon centre étant à la méme diſtance de 7 lignes de la ſurface ſupérieure de l'eau.

IV. EXPÉRIENCE.

POur ôter cette difficulté de l'écoulement, on fit pluſieurs expériences dans un tonneau, dont le fond étoit aſſez large pour placer l'ouverture de 12 lignes à un pied du bord le plus proche, & on mit la petite ouverture à plus d'un pied de diſtance de la grande. L'expérience aiant été faite avec le méme bacquet où il y avoit une ſéparation, on trouva toûjours que la grande ouverture donnoit moins que 9 fois plus que la petite; car il s'en manquoit quelquefois $\frac{1}{12}$, quelquefois $\frac{1}{13}$, c'eſt-à-dire, que ſi la petite avoit donné chopine, la grande donnoit 8 chopines & demi ou 8 chopines & $\frac{1}{2}$. On meſura exactement de nouveau les 2 ouvertures, & on trouva que celle de 12 lignes étoit tant ſoit peu plus forte à proportion que celle de 4 lignes; du moins on étoit aſſûré qu'elle n'étoit pas plus foible, & par conſéquent que le défaut de la quantité d'eau qu'elle devoit donner, ne procédoit pas de cette cauſe. Dans les expériences qu'on fait ſéparément avec des ouvertures différentes, les grandes ouvertures donnent ordinairement plus à proportion que les petites. Il y a trois cauſes qui peuvent contribuer à cet effet:

La premiére, qu'il y a plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes; car les circonférences des ouvertures différentes ne ſont l'une à l'autre que ſelon la raiſon des diamétres, au lieu que les eaux qu'elles donnent, ſont en raiſon doublée des mêmes diamétres: or ſi l'on ſuppoſe que l'eau par ſa viſcoſité s'attache un peu aux bords des ouvertures, il faudra retrancher par cette raiſon une petite partie de la largeur des diamétres; par exemple, à une ouverture de 3 lignes on peut retrancher $\frac{1}{10}$ de ligne; c'eſt pourquoi à une ouverture de 6 lignes, quoique le quarré de 6 ſoit quadruple du quarré de 3, & que les ouvertures rondes ſoient entr'elles comme les quarrez, dont les côtez ſont égaux aux diamétres des cercles, néanmoins la circonférence de l'ouverture qui a 6 lignes de diamétre, ſera ſeulement doublé de celle qui a trois lignes; c'eſt pourquoi il ne faudra retrancher qu'un

cinquième ou deux dixièmes pour cet empêchement. D'où l'on voit que les jets de plus grande ouverture ne ſont pas ſi fort retardés & empêchés que les petits, & donnent plus d'eau à proportion de leurs diamétres.

La ſeconde cauſe eſt qu'un petit filet d'eau trouve plus de réſiſtance dans l'air à ſa ſortie, qu'un gros jet, comme il arrive aux petites balles de plomb qui ne vont pas ſi loin que les groſſes, quoiqu'elles ſortent d'un même mouſquet en même tems.

La troiſième cauſe eſt le choc plus grand de l'eau qu'on verſe pour entretenir l'écoulement des plus grandes ouvertures. Car pour entretenir un réſervoir plein, dont l'eau ne ſort que par 4 lignes, il ſuffit de verſer l'eau tout doucement avec un petit vaiſſeau: mais lorſque le jet eſt de 12 lignes de largeur, il faut verſer l'eau à plein ſeau, & avec une grande viteſſe; ce qui donne une impulſion à l'eau qui la fait aller plus vîte que s'il n'y avoit que le ſeul poids qui la pouſſât. On en a fait l'expérience en mettant horiſontalement une ouverture d'un pouce de hauteur & de 4 de longueur: car elle donne en 36 ſecondes ½ une quantité d'eau qu'elle ne devoit donner que dans le quart de 154 ſecondes, ſçavoir en 38 ½; ce qui procédoit de ce qu'on verſoit avec grande force l'eau pour entretenir celle qui ſortoit, & même quand on n'entretiendroit pas les réſervoirs pleins, l'eau deſcend bien plus vîte par un tuyau de 3 ou 4 pouces de largeur quand le jet eſt gros, que quand il eſt petit; ce qui augmente néceſſairement la viteſſe de la ſortie. Ces trois cauſes jointes enſemble ſont quelquefois un peu plus fortes que la ſeule difficulté de l'écoulement, & quelquefois elles ne font que l'égaler, lorſqu'on fait les expériences ſéparément par de différentes ouvertures.

Voici quelques expériences que j'en ai faites avec une ouverture de 3 lignes & une de 6 lignes.

I. EXPÉRIENCE.

L'Ouverture de 3 lignes, aiant ſon réſervoir à 5 pieds & demi de hauteur, a donné 14 pintes de 2 livres de poids en 93 ſecondes; & l'ouverture de 6 lignes les a données en 23 ſecondes au lieu de 23 ¼.

II. EXPÉRIENCE.

UN réſervoir, étant à 24 pieds & un peu plus, a donné par l'ouverture de 3 lignes 14 pintes en 44 ſecondes & demi; & par 6 lignes en 11 ſecondes en entretenant la hauteur de l'eau dans le réſervoir.

III. EX-

III. EXPÉRIENCE.

DE la hauteur de 12 pieds ½ le trou de 3 lignes a donné 14 pintes médiocres en 61 ſecondes ½, en l'entretenant plein ; & par le trou de 6 lignes, il les a données en 15 ½.

IV. EXPÉRIENCE.

ON mit une marque dans le tambour ou réſervoir qui étoit au haut du tuyau plus haut que celle qui marquoit les 12 pieds 4 pouces, & une autre plus bas en égale diſtance, afin que laiſſant écouler l'eau depuis la marque ſupérieure juſques à l'inférieure, cela fît le même effet que ſi on l'avoit entretenu plein à 12 pieds 4 pouces : il entroit 13 pintes ½ dans le réſervoir depuis la marque inférieure juſques à la ſupérieure ; elles s'écoulérent par 3 lignes en 58 ſecondes, & par 6 lignes en 15 au lieu de 14 ½.

V. EXPÉRIENCE.

LE réſervoir étant à 24 pieds 3 pouces, & à la marque du milieu, a donné par les 3 lignes 14 pintes en 44 ſecondes ½, & par les 6 lignes en 12 ½ à peu près ; & en laiſſant écouler les 13 pintes ½ depuis la marque ſupérieure, il s'eſt emploïé 42 ſecondes par les 3 lignes & 10¼ par les 6 lignes : cette dernière expérience rend les proportions égales auſſi-bien que la 2e.

On a trouvé à peu près de même en un réſervoir de 35 pieds.

Par ces différentes expériences on voit que l'on peut ſuivre la 2e. régle ſans craindre aucune erreur conſidérable, & que les cauſes contrariées font toûjours une compenſation aſſez juſte quand on fait les expériences.

A l'égard de la raiſon ſous-doublée des hauteurs des réſervoirs, il y a deux cauſes qui la diminuent, & deux qui l'augmentent.

Celles qui la diminuent, ſont que l'air réſiſte plus à proportion à une grande viteſſe qu'à une petite, & que le frottement eſt plus grand contre les bords de l'ajutage.

Celles qui l'augmentent, ſont les mêmes qui font quelquefois que les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites, ſçavoir, qu'il faut verſer l'eau avec plus de force pour entretenir les réſervoirs pleins dans une grande hauteur que dans une petite, & que l'eau deſcend plus vîte quand on la laiſſe écouler.

Ces cauſes ſe compenſent aſſez juſtement l'une par l'autre : mais il arrive plus ordinairement qu'il y a un peu moins qu'à la raiſon ſous-doublée dans les grandes hauteurs : mais quand on fait les expériences dans

un même fond de réfervoir en même tems, les grandes ouvertures donnent toûjours moins à proportion que les plus petites.

TAB. XVIII. Fig. 75. *Toricelli* a démontré dans un petit Traité qu'il a fait du Mouvement des Eaux, que s'il y a un réfervoir A B C D percé au fond en E d'une petite ouverture comme de 4 à 5 lignes, & que l'eau étant jufques à la ligne A B, elle puiſſe s'écouler en 10 minutes ſans y rien ajoûter; elle paſſera des eſpaces inégaux en deſcendant dans des tems égaux, en ſorte que ſi l'on diviſe la ligne B C en 100 parties égales, elle deſcendra pendant la premiére minute de 19 de ces parties, pendant la 2e. de 17, pendant la 3e. de 15, &c. & ainſi de ſuite ſelon les nombres impairs jufqu'a l'unité, tellement que la dernière partie ſe vuidera en la dernière des 10 minutes. La raiſon de cet effet eſt fondée ſur la premiére régle expliquée ci-deſſus, que les viteſſes des eaux coulantes ſont en raiſon ſous-doublée des hauteurs, & par conſéquent qu'elles ſont entre elles comme les ordonnées d'une parabole A B C, commençant par la plus grande A B, & finiſſant au point C; ce qui fait que les eſpaces paſſés en même tems par la ſurface de l'eau A B ſont comme les nombres impairs de ſuite commençant par le plus grand.

De-la on tire une conſéquence, que ſi on méſure la quantité d'eau qui eſt contenue dans le réfervoir juſques à la ligne A B, & qu'elle s'écoule en 10 minutes; il en ſortira deux fois autant dans le meme tems, ſi on entretient toûjours le réfervoir plein juſques a la hauteur A B: ce qui procede de ce que ſi une goute d'eau étoit tombée dans un certain tems depuis B juſques à C, & qu'elle continuât ſa viteſſe acquiſe au point C ſans l'augmenter ni diminuer, elle paſſeroit dans le même tems un eſpace double de B C. Or l'eau qui ſort au commencement par l'ouverture E, a une viteſſe égale à celle que la goute tombant auroit acquiſe au point C, & toute l'eau qui ſort, a toûjours la meme viteſſe ſi ce réſervoir demeure plein; c'eſt pourquoi il en ſortira deux fois autant dans les 10 minutes, qu'il en ſort en la laiſſant écouler ſans y rien ajoûter, & dans 5 minutes autant qu'il en contient.

TAB. XVIII. Fig 76. 77. Mais la même choſe n'arrive pas quand ce tuyau n'eſt que d'un demi pied de largeur & de 2 ou 3 pieds de hauteur, comme le tuyau A B C D, ayant l'ouverture K de 6 lignes: car la viteſſe de l'eau qui deſcend pendant l'écoulement, donne une impulſion à celle qui ſort, laquelle jointe au poids de l'eau la fait aller plus vîte qu'elle ne fait quand elle deſcend trés-lentement, ce tuyau étant fort large. J'ai trouvé pluſieurs fois que ſi l'eau s'écouloit entiérement d'un tel réſervoir en 4 minutes, qu'il s'en manquoit; quand on l'entretenoit plein, qu'il n'en ſortît autant pendant 2 minutes; & ſi ce tuyau contenoit 24 pintes, & qu'elles s'écoulaſſent en 4 minutes, il n'en ſortoit que 20 pintes en l'entretenant plein pendant l'eſpace de 2 minutes, & pour en donner 24, il faloit 2 minutes & 24 ſecondes: ce défaut provient auſſi de ce que le jet eſt plus retardé par le frottement & par la réſiſtance de l'air à proportion

pórtion quand il eſt vîte, que quand il eſt foible, comme on l'a expliqué ci-devant, & ainſi il eſt toûjours également retardé par ces deux cauſes, quand le tuyau eſt entretenu plein ; mais il l'eſt bien moins quand l'eau n'eſt qu'à la hauteur L M, encore moins quand elle eſt deſcendue juſqu'à F G. Il eſt vrai que s'il ſe fait un tournoïement dans l'eau, comme il arrive ſouvent, alors l'écoulement ſera retardé, & pourra recompenſer l'effet de l'accélération : ce tournoïement ſe fait lorſque le trou n'eſt pas dans un même plan, & que l'eau coulante ſort un peu de travers en un endroit.

Dans la dernière expérience que j'ai faite ſur cette matière, l'eau avoit 10 pouces de hauteur au-deſſus d'une ouverture de 4 lignes qui étoit coulée ſur le fond intérieur du ſeau : on avoit poſé à côté de l'ouverture à la même hauteur un bâton où l'on avoit pris 10 pouces qu'on avoit diviſés en 36 parties : la première auprès de l'ouverture avoit une de ces parties, la ſeconde 3, la troiſième 5, la quatrième 7, la cinquième 9, & la ſixième 11. La première diviſion d'en-haut s'écoula en 39 ſecondes ; les 2 ſuivantes de même ; la 4e. n'emploïoit environ que 36 ſecondes, & chacune des deux autres encore moins, quoique l'eau fît alors un tournoïement ; ce qui arrivoit par l'accélération de la viteſſe de l'eau, quand elle étoit ſortie de l'ouverture. La même proportion s'obſerve encore bien moins quand l'ouverture eſt fort grande à proportion de la hauteur, comme ſi elle a ſon diametre égal a la 4e. ou 5e. partie de celui de la baſe du cylindre A B C D ; car l'eau coulera en grande abondance, & par conſéquent elle accélérera beaucoup ſa viteſſe en deſcendant, & choquera ſi fort celle qui ſort, qu'encore qu'alors ſon poids ſoit moindre que lorſqu'elle étoit en A B, cette impulſion ſurpaſſera ce défaut, & il ſortira plus d'eau par l'ouverture K quand la ſurface ſupérieure ſera arrivée en I I ou L M, que quand elle étoit en A B. Cette vérité ſe connoîtra aiſement, ſi l'on conſidere que lorſque le tuyau eſt tout ouvert, l'eau ſupérieure deſcend en des tems égaux ſelon les nombres impairs de ſuite 11, 9, 7, 5, 3, 1, &c ; & que lorſque le tuyau eſt fort large, & l'ouverture fort petite, elle deſcend ſelon les nombres 7, 9, 7, 5, 3. Et il ſuit néceſſairement qu'on peut proportionner les hauteurs, les largeurs, & les ouvertures du tuyau, de telle ſorte qu'il ſe fera un temperament de viteſſe tel qu'on voudra dans les écoulemens, c'eſt-à-dire, qu'on pourra faire paſſer les 2 moitiez en deux tems égaux, & que la 3e. partie vers le bas ſe vuidera en un tems 3 fois moindre que le reſte, & ainſi des autres parties : mais lorſque l'eau ſera beaucoup deſcendue comme en F G, elle n'accelérera plus, mais elle diminuera toûjours de viteſſe ; car alors la preſſion ſera diminuée de plus de moitié, & l'accélération ceſſera néceſſairement de beaucoup, & alors elle ira toûjours en diminuant juſques à la fin. On a expérimenté dans un tuyau de verre de 5 pieds de hauteur, de 10 lignes de largeur, & de 2 lignes d'ouverture, diviſé en 5 parties, que la première ſe paſſoit en

en 7 meſures de tems, la 2e. en 6, la 3e. en 6, & la 4e. en 7, à peu près, & le reſte toûjours en diminuant; d'où il s'enſuit, que dans un tel tuyau il y a deux endroits différens, l'un vers le haut, & l'autre vers le milieu du tuyau, où l'eau deſcend avec la même viteſſe. On voit de-là qu'il eſt impoſſible que l'eau deſcende uniformément tout le long des vaiſſeaux cylindriques quels que ſoient les largeurs & les hauteurs, & les ouvertures ou ajutages: car ſi le poids qu'elle a en HI joint à l'impulſion de ſa viteſſe, la fait ſortir avec une certaine viteſſe par K, l'impulſion de la même viteſſe, ſi elle la conſervoit, joint au poids qu'elle a en LM, qui ſera la moindre, la fera ſortir moins vîte; & par conſéquent l'eau ſupérieure deſcendra moins vîte en LM qu'en HI. D'où il s'enſuit, que ſi dès le commencement l'eau ſupérieure diminue de viteſſe, elle diminuera toûjours juſques à la fin.

De-là on pourra juger en combien de tems un muid ou autre vaiſſeau pourra ſe vuider en le laiſſant écouler par une certaine ouverture. TAB. XVIII. Fig. 78. Car ſoit ABCD un muid de *Paris*, poſé debout, aiant une ouverture de 4 lignes en E. La hauteur ordinaire du vin entre les fonds, qui eſt de 30 pouces ou 2 pieds & demi, par 13 pieds, fait 32 ½, dont la racine eſt 5 & ⅔ à fort peu près; & comme 13 à 5 ⅔, ainſi 14 à 6 ⅛ à fort peu près. Donc, ſi l'ouverture E étoit de 3 lignes, il en ſortiroit, le muid étant entretenu plein, 6 pintes & ⅛ en une minute; mais étant de 4 lignes, les ſurfaces de ces ouvertures ſont comme 9 à 16; donc comme 9 à 16 ainſi 6⅛ à 10 ⅔, c'eſt-à-dire, à 11 un peu moins. Et ſi 11 pintes me viennent d'une minute, quel tems me donneront 280? on trouvera environ 25 minutes & demi en entretenant toûjours le vaiſſeau plein d'eau; donc, par ce qui a été dit ci-deſſus, il faudra le double de ce tems, ſçavoir 51 minutes pour le laiſſer écouler. Puiſque l'ouverture ſera très-petite à proportion de la largeur, les renflemens AGD & BFC n'apporteront point de différence conſidérable à ce calcul.

Il eſt bon de réſoudre ici un problême aſſez curieux, que *Toricelli* n'a pas entrepris de réſoudre; quoiqu'il l'ait propoſé. Ce probleme eſt de trouver un vaiſſeau de telle figure qu'étant percé au fond d'une petite ouverture, l'eau ſupérieure paſſe en deſcendant des hauteurs egales en des tems égaux. TAB. XVIII. Fig. 79. Si dans la figure conoïdale BL eſt à BN, comme le quarré quarré de LM eſt au quarré quarré de NO; & BN à BH, comme le quarré quarré de NO au quarré quarré de HK, & ainſi de ſuite: l'eau deſcendra depuis ADC uniformément juſques à l'ouverture, qui eſt en B. Car, ſoit BP la moïenne proportionnelle entre BD & BH. D'autant que les quarrez quarrez de KH & de DC ſont entr'eux comme les hauteurs BH, BD, les quarrez de HK, DC, ſeront en raiſon ſous-doublée de BH, à BD, ou comme les hauteurs BP, BD. Mais la viteſſe de l'eau qui ſort en B par la charge de la hauteur BD, eſt à la viteſſe de celle qui ſort par la charge de la hau-

hauteur BH en raiſon ſous-doublée de BD à BH, c'eſt-à-dire, comme BD à BP. Donc la viteſſe de l'eau deſcendante de H eſt à la viteſſe de l'eau deſcendante de D, comme le quarré de HK au quarré de DC. Mais la ſurface circulaire de l'eau en H eſt à la ſurface circulaire de l'eau en D, comme le quarré de HK au quarré de DC. Donc elles couleront & deſcendront auſſi vîte l'un que l'autre. Et ſi la ſurface ADC s'écoule en une ſeconde, la ſurface GHK s'écoulera auſſi en une ſeconde, puiſque les quantitez ſont comme les viteſſes. La même choſe arrivera aux autres ſurfaces en E, en F, &c. Mais il faut que l'ouverture en B ſoit très-petite, afin qu'il ne ſe faſſe point d'accélération conſidérable, & que l'eau ne ſorte par l'ouverture B ſenſiblement, que ſelon la proportion de ſon poids. Un tel vaiſſeau peut ſervir de clepſidre ou horloge d'eau.

EXPLICATION EN NOMBRES.

SOit DB 16 & BI l'unité: le quarré quarré de IR ſera l'unité, ſi le quarré quarré de DC eſt 16, & par conſéquent DC ſera 2 ſi IR eſt 1. Soit BH moïenne proportionnelle entre BI & BD qui ſera par conſéquent 4: la viteſſe par le poids DB eſt 16: mais le cercle ou la ſurface IR ſera 1, & le cercle DC ſera 4: donc ces quantitez ſeront comme leurs viteſſes; & par conſéquent dans le même tems les ſurfaces, ou les cercles DC & IR, s'écouleront; & s'il faut une ſeconde de tems pour écouler la ſurface IR, il en coulera le quadruple en même tems par une viteſſe quadruple, c'eſt-à-dire, la ſurface DC, puiſqu'elle eſt quadruple de l'autre. La même proportion ſe trouvera dans toutes les autres ſurfaces, qui compoſent toute l'eau, ou dans les ſolides qui ont une épaiſſeur indéfiniment petite. On ſuppoſe dans toutes ces expériences qu'il ne ſe faſſe point de tournoïement dans l'eau, ni de petit creux, comme dans les entonnoirs qui ſe vuident.

RÉGLE.

S'Il y a deux tuyaux AB & CD d'égale hauteur, & de largeur inégale, quelle que ſoit cette inégalité; & que l'eau ſorte de leurs fonds par des ouvertures égales; il ne ſortira pas davantage d'eau du tuyau étroit que du large en même tems en les entretenant pleins, pourvû que le tuyau le moins large ait ſon diamétre environ 4 fois auſſi grand que l'ouverture par où ſort l'eau, & que l'eau n'ait point de mouvement circulaire dans les tuyaux: car l'eau ſortant par les ouvertures égales élévera des poids égaux par ce qui a été dit ci-deſſus; elle ira donc auſſi vîte en l'un qu'en l'autre, & par conſéquent il en ſortira auſſi autant d'eau en même tems. TAB. XVIII. Fig. 80.

S'il y a donc un réſervoir de 100 pieds de diamétre, & un d'un pied,

qui ſoient d'égale hauteur, & percés au fond où à côté d'ouvertures égales à même hauteur des ſurfaces de l'eau, il en ſortira autant de l'un que de l'autre en même tems.

On fait ici une queſtion, ſçavoir, ſi l'on a deux tuyaux d'un pouce de largeur, & inégaux en hauteur, par exemple, l'un de 5 pieds, & l'autre de 10, & qu'on les empliſſe d'eau, s'ils donneront autant d'eau l'un que l'autre en même tems. On répond qu'ils en donnent ſenſiblement autant l'un que l'autre, parce que l'eau dans tous les deux tombe également vîte, comme deux cylindres inégaux de même matière dans le commencement de leur chûte; parce que l'air réſiſte très-peu à l'un & à l'autre, & ils s'accélérent ſenſiblement de même ſelon les nombres impairs: donc s'il ſort 6 pieds d'eau en un certain tems de l'un, il en ſortira autant de l'autre. Que ſi l'on retreſſit le grand tuyau juſques à 4 lignes à ſa baſe, il donnera plus d'eau dans le premier quart de ſeconde, qui s'il étoit tout ouvert. En voici le calcul:

Le produit de 13 par 52 eſt 676, dont la racine eſt 26; comme 13 à 26, ainſi 14 pintes à 28; donc en une minute ce trou donnera 28 pintes, ou 56 livres; & par une ouverture de 4 lignes, 99 livres $\frac{1}{2}$; & en une ſeconde, environ 26 onces & demi; & en un quart de ſeconde, 6 onces $\frac{1}{2}$: mais en un quart de ſeconde le cylindre d'eau ne deſcend que de trois quarts de pied, qui ſur une largeur d'un pouce ne vaut qu'un peu plus de 4 onces; donc en un quart de ſeconde il eſt ſorti du grand cylindre 2 onces $\frac{1}{2}$ plus d'eau par l'ouverture de 4 lignes, que du petit cylindre tout ouvert.

QUATRIÈME DISCOURS,

De la meſures des Eaux courantes dans un aqueduc, ou dans une rivière.

POur meſurer les eaux courantes dans la conduite d'un aqueduc, ou celles d'une rivière, qu'on ne peut pas recevoir dans un vaiſſeau, on ſe ſervira de la méthode ſuivante:

On mettra ſur l'eau une boule de cire chargée d'un peu de matière plus peſante, en ſorte qu'il ne paſſe que fort peu de la cire au-deſſus de la ſurface de l'eau de peur du vent; & après avoir meſuré une longueur de 15 ou 20 pieds de l'aqueduc, on reconnoîtra avec un pendule à demi-ſecondes en combien de tems la boule de cire emportée par le cours de l'eau paſſera cette diſtance. Enſuite on multipliera la largeur de l'aqueduc par la hauteur de l'eau, & le produit par l'eſpace qu'aura parcouru la cire; le dernier produit, qui eſt ſolide, marquera toute l'eau qui aura paſſé pendant le tems qu'on aura remarqué, par une ſection de l'aque-

l'aqueduc. Pour faire cette opération avec juſteſſe, il faut que le lit de l'aqueduc ait la même pente que la ſuperficie de l'eau qui y paſſe, & de plus l'on ſuppoſe que l'eau coule également vite au fond, au-deſſus, aux côtez.

EXEMPLE.

ON ſuppoſe un aqueduc qui ait deux pieds de largeur, & que l'eau y ſoit haute d'un pied, & qu'en 20 ſecondes de tems la cire ait fait 30 pieds; ce ſera un pied & demi par ſeconde. Mais, parce que l'eau va plus lentement au fond qu'au-deſſus, il ne faut prendre que 20 pieds; ce ſera donc un pied par ſeconde: le produit d'un pied de hauteur par deux pieds de largeur eſt 2, qui multiplié par 20 de longueur donne 40 pieds cubes, ou 40 fois 35 pintes d'eau, qui ſont 1400 pintes en 20 ſecondes: & ſi 20 ſecondes donnent 1400, 60 ſecondes en donneront trois fois autant, ſçavoir 4200 pintes: & diviſant 4200 par 14, qui eſt le nombre des pintes qu'un pouce d'eau donne en une minute ou en 60 ſecondes, on trouvera le quotient de 300, qui ſera le nombre des pouces que donnera l'eau de l'aqueduc.

On calculera facilement par cette manière le nombre des pouces que donne la rivière de *Seine*; car puiſqu'il paſſe par-deſſous le pont-rouge en une minute 200000 pieds cubes d'eau, ſi on multiplie 35, qui eſt le nombre des pintes que contient un pied cube, par 200000, on aura 7000000 pintes, qui étant diviſées par 14 donnent 500000, qui eſt le nombre des pouces que donne la rivière de *Seine* quand elle eſt dans ſa médiocre hauteur.

Si l'on veut calculer de grandes ouvertures, comme une toiſe quarrée, il faut conſidérer la hauteur de la ſurface de l'eau au-deſſus du milieu de la toiſe; ſoit, par exemple, 5 pieds, il y aura donc 8 pieds juſques au milieu de la toiſe. Le produit de 8 par 13 eſt 104, dont la racine quarrée eſt 10 & ; à peu près; comme 13 à 10 ; ainſi 14 à 11 à fort peu près; & parce qu'un pouce rond eſt 16 fois plus grand qu'un rond de 3 lignes, un pouce ſurmonté de 8 pieds donnera 16 fois 11 pintes, ou 176 pintes, qui diviſées par 14 donnent 12 pouces ; pour un pouce de diamétre d'ouverture. Une ouverture ronde d'un pied de diamétre donne 144 fois davantage; le produit de 12 par 144 eſt 1810; le pied rond donnera donc 1810 pouces. La toiſe ronde contient 36 fois un rond d'un pied, le produit de 36 par 1810 eſt 65160; comme 11 à 14 ainſi 65160 à 82930; donc la toiſe quarrée ſurmontée de 5 pieds donnera 82930 pouces.

De-là on connoîtra que ſi l'on avoit retenu la rivière de *Seine* quand elle eſt dans ſa grandeur un peu plus que médiocre, & qu'elle s'élevât juſques à 8 pieds au-deſſus d'une ouverture quarrée de 10 pieds & de 18 pieds de largeur, elle y paſſeroit toute: car il y auroit juſques au centre

du cercle qui auroit 10 pieds de diamétre, 13 pieds depuis la furface de l'eau retenue, & elle donneroit par 3 lignes de diamétre d'ouverture un pouce; par un pouce de diamétre elle donneroit 16 pouces; par un pied 144 fois 16 pouces, qui font 2304 pouces; & multipliant ce nombre par 100 quarré de 10 pieds, qui eſt la largeur de l'ouverture, on auroit 230400; & ſelon la proportion du cercle au quarré circonſcrit, qui eſt de 11 à 14, on trouveroit 293236 pouces quarrez à peu près; & y ajoûtant 8 pieds en longueur, on auroit plus de 500000 pouces, qui eſt ce que donne la rivière de *Seine* étant médiocre, comme il a été dit ci-devant; & par conſéquent elle paſſeroit toute par une ouverture quarrée qui auroit 18 pieds de largeur & 10 de hauteur.

Si l'eau coule par un aqueduc, ou par un canal de rivière, ſelon une petite pente uniforme, elle acquerra dans un médiocre eſpace une viteſſe qu'elle n'augmentera plus: car le frottement des bords & du fond du canal, & le renverſement des parties de l'eau du deſſus au deſſous, & la réſiſtance de l'air aux petites vagues qui ſont en la ſurface, lui font perdre une partie de ſa viteſſe; & par conſéquent elle ne peut accélérer ſon mouvement que juſques à une certaine viteſſe qu'elle acquiert en peu de tems; d'où il s'enſuit, que ſi une rivière a coulé par un aſſez long eſpace dans une certaine pente, & qu'elle coule enſuite par une pente moins roide, c'eſt-à-dire, par un plan moins incliné, elle diminuera de viteſſe; car puiſqu'elle aura acquis dans la premiére pente toute la viteſſe qu'elle y peut avoir, qu'elle n'auroit pu acquerir dans une moindre, il s'enſuit qu'elle diminuera de viteſſe peu à peu dans cette pente qui eſt moindre, juſques à ce qu'elle ſoit réduite à la viteſſe qu'elle y peut acquerir.

QUATRIÈME PARTIE.

DE LA

HAUTEUR DES JETS.

PREMIER DISCOURS,

De la hauteur des Jets perpendiculaires.

ON a fait voir ci-devant que les jets devoient monter à la hauteur des réſervoirs: mais que le frottement aux bords des ajutages, & la réſiſtance de l'air, faiſoient, que dans les jets fort élevés il s'en faloit beaucoup que la hauteur du jet n'arrivât à celle du réſervoir. Pour

Digitized by Google

Pour bien expliquer les régles qu'on doit ſuivre pour calculer les hauteurs des jets, ſelon les hauteurs de l'eau des réſervoirs, il faut conſidérer les régles ſuivantes.

PREMIÈRE RÈGLE.

Lorſque les tuyaux qui fourniſſent l'eau, ſont ſuffiſamment larges, plus l'ajutage eſt large, plus il pouſſe loin ſon jet.

On en fait facilement l'expérience, ſi l'on a un muid debout plein d'eau, & qu'on le perce à côté vers le fond inférieur de 5 ou 6 ouvertures différentes à même hauteur horiſontale, comme d'une ligne, de 2 lignes, de 4 lignes, de 6 lignes, de 10, de 12, &c. car on verra toûjours que la plus large ouverture pouſſera l'eau plus loin, pourvû que les ouvertures ſoient à même diſtance de la ſuperficie de l'eau. La même choſe arrivera dans des tuyaux de 3 ou 4 pouces de largeur, pourvû que l'ouverture n'excéde pas un pouce de diamétre.

La cauſe de cet effet eſt aſſez aiſée à expliquer, ſi l'on conſidére ce qui doit arriver à des boules de bois de différens calibres. Car puiſqu'elles ſont l'une à l'autre en raiſon triplée de leurs diamétres, leurs poids ſeront auſſi en même raiſon, comme auſſi leur force pour ſurmonter la réſiſtance de l'air: & par conſéquent ſi l'on jette avec la même viteſſe une boule de deux lignes de diamétre, & une autre de 4, cette derniére ira plus loin. On en voit l'expérience lorſqu'on met dans une même arme à feu de la poudre de plomb, de la dragée, & des balles; car quoiqu'elles ſortent avec la même viteſſe, les dragées vont beaucoup plus loin que la poudre de plomb, & les balles beaucoup plus loin que les dragées; & par la même raiſon un boulet de canon ira plus loin qu'une petite balle de même métail pouſſée de même force. Il eſt vrai que ſi le réſervoir n'eſt qu'à 2 ou 3 pieds, un jet par 8 lignes ne ſera pas ſenſiblement différent d'un jet par 10 ou 12 lignes, & un par 4 lignes ira ſenſiblement auſſi haut qu'un de 6 lignes: mais la différence ſera très-conſidérable aux jets de 30, 50, & 60 pieds de hauteur, & au-delà.

II. RÈGLE.

Les jets diminuent de la hauteur du réſervoir ſelon la raiſon doublée des hauteurs où ils s'élévent.

Soit ABC un réſervoir ou tuyau jailliſſant par l'ajutage D, & ſoit la hauteur de l'eau dans le tuyau ſucceſſivement A & E. Je dis que ſi la ligne EH eſt le défaut du petit jet juſques à E, & GA le défaut du grand jet juſques à A, AG ſera à EH en raiſon doublée de DH à DG. TAB. XVIII. Fig. 81.

Car ſoit ſuppoſé que le poids de l'air ſoit au poids de l'eau comme 1 à 600, ou pour la facilité du calcul comme 1 à 60, & qu'une ſeule

Digitized by Google

goute ou parcelle d'air ſoit rencontrée tout auprès de la ſortie de l'ajutage par la premiére goute d'eau du jet, & qu'enſuite elle monte librement comme dans le vuide ; il eſt évident par ce qui a été démontré dans les régles des mouvemens des corps qui ſe choquent, que la goute d'eau perdra $\frac{1}{61}$ de ſa viteſſe, ſi cette viteſſe eſt exprimée par 61. Soit donc DE 61, & DH 60, & que la goute ſoit retardée de $\frac{1}{61}$, à ſçavoir EH. Soit maintenant la hauteur DA, la viteſſe de la goute ſera à ſa premiére viteſſe en raiſon ſous-doublée de DE à DA, & cette goute par la rencontre d'une petite parcelle d'air perdra encore la 61e. partie de ſa viteſſe, & perdra une partie proportionnelle à HE ſelon la raiſon de DE à DA. Soit AL cette diminution, DE ſera à DH, comme DA à DL. Mais comme on a ſuppoſé une parcelle d'air pour l'eſpace DE, il y aura autant de parcelles d'air par l'eſpace DA, à proportion que DA ou DG eſt plus grand que DE ou DH; & chaque parcelle diminuant ſenſiblement la hauteur de la goute d'eau dans la même proportion, ce ſera une ſeconde raiſon égale à la premiére; & par conſéquent AL étant à AG comme DE à DA, ou HE à AL, AG ſera le defaut de hauteur de l'élévation de la goute d'eau : mais parce qu'il y a pluſieurs parcelles d'air entre D & E, chacune deſquelles retarde le mouvement de la goute dans les mêmes proportions, le mouvement de la goute dans l'eſpace DE ſera beaucoup plus retardé que par la rencontre d'une ſeule parcelle comme on l'a ſuppoſé. Mais on peut conſidérer tous ces eſpaces d'air comme ſi ce n'étoit qu'une ſeule parcelle, & l'eſpace de l'air DA eſt auſſi dans la même proportion que DA à DE, & par conſéquent il faut ajoûter une ſeconde raiſon égale à la premiére; d'où il s'enſuit que ſi AL eſt à AG en raiſon doublée de DE à DA, GA ſera le defaut du jet au-deſſous de la hauteur de l'eau du réſervoir DA, ſi EH eſt celui de la hauteur DE; ce qu'il faloit prouver.

EXEMPLE.

SOit DA quadruple de DE, la viteſſe du jet de l'eau preſſée par DA ſera double de celle du jet de l'eau preſſée par DE. Si l'on prend donc comme ci-deſſus la hauteur DE pour 61, la hauteur DH ſera 60: & comme la viteſſe du grand jet eſt double, & qu'il doit s'élever à une hauteur quadruple, il perdra par la rencontre d'autant d'air qu'il y en a en DE, 4 fois autant de hauteur que HE; c'eſt-à-dire, qu'au lieu que le jet devoit s'élever à DA 244, il ne s'élévera qu'à DL 240. Mais l'eſpace EA étant diviſé en 3 parties égales, chacune ſera égale à DE, & ſi la premiére fait perdre la hauteur AL, la deuxiéme en fera perdre autant en la même proportion que les différentes parties de DE en font perdre au premier jet: car en quelque partie du jet que ce ſoit, la viteſſe du grand eſt toûjours double de celle du petit; car il y a tou-

toûjours un eſpace quadruple de celui de l'autre à paſſer; il perdra donc encore outre la première partie trois autres égales L M, M N, N G: & A L étant poſée 4, A G ſera 16; & par conſéquent le défaut A G ſera au défaut E H en raiſon doublée de D E à D A, & ſi E H eſt d'un pouce, G A ſera de 16 pouces.

Le frottement change un peu ces meſures, & la complication des eſpaces de l'air qui réſiſte: car dans les grands jets il s'en faudra beaucoup que l'eſpace de l'air paſſé ſoit en la raiſon des hauteurs des réſervoirs; ce qui doit un peu diminuer du défaut, & c'eſt la hauteur des jets qu'il faut conſidérer; & ainſi ſi I I D eſt 60, D G ſera 240, le petit réſervoir étant à 61 pieds, & le grand étant à 256 pieds.

Sur cette ſuppoſition il ſera facile de calculer les hauteurs des jets à toutes les hauteurs des réſervoirs une ſeule étant connue, comme celle d'un réſervoir de 5 pieds, laquelle, comme il a été trouvé par pluſieurs expériences, manque d'un pouce. Si donc on prend qu'un jet de 5 pieds, dont l'eau qui le fournit, n'eſt point ſerrée & coule facilement dans les tuyaux, doit avoir la ſurface de l'eau ſupérieure de ſon réſervoir à 5 pieds un pouce, un jet de 10 pieds aura la hauteur de ſon réſervoir à 10 pieds 4 pouces; celui de 15 pieds à 15 pieds 9 pouces, celui de 20 pieds à 20 pieds 16 pouces, & ainſi de ſuite ſelon les quarrez de ſuite. On ne fait point le calcul en diminuant les hauteurs des réſervoirs: car ſi l'on avoit pris un réſervoir de 100 pieds, il en faudroit diminuer 400 pouces, c'eſt-à-dire, 33 pieds; un de 200 pieds auroit de diminution environ 133 pieds; & un de 400 pieds le quadruple de 133 pieds, ſçavoir 532, & par conſéquent il ne jailliroit point du tout; ce qui eſt impoſſible: car les jets juſques à cette hauteur doivent toûjours augmenter; mais il faut prendre que le jet de 200 pieds de hauteur aura ſon reſervoir à 333 pieds, & un jet de 400 pieds à 932 pieds.

Pour toutes les différentes hauteurs on ſe ſervira de la table ſuivante.

Hauteurs du Jet.	*Hauteur du Réſervoir.*
5 pieds.	5 pieds. 1 pouce.
10.	10. 4.
15.	15. 9.
20.	20. 16.
25.	25.
30.	30. 36 ou 33 pieds.
35.	35. 49.
40.	40. 64.
45.	45. 81.
50.	50. 100.
55.	55. 121.
60.	60. 144 ou 72 pieds.
65.	65. 169.

Hau-

Hauteur du Jet.	*Hauteur du Réservoir.*	
70 pieds.	70 pieds.	196 pouces.
75.	75.	225.
80.	80.	256.
85.	85.	289.
90.	90.	324 ou 117 pieds.
95.	95.	361.
100.	100.	400.

Ainſi le jet de 30 pieds aura 33 pieds de réſervoir; celui de 60 pieds 72 pieds; celui de 90 pieds 117 pieds; celui de 100 pieds 133 pieds $\frac{1}{3}$; celui de 120 pieds 168 pieds: il ne faut point de table plus longue, car il n'eſt pas ordinaire de faire une hauteur de réſervoir de 168 pieds; & un jet de 120 pieds ſe diſſiperoit par ſa violence en petites goutes imperceptibles, comme celles d'un brouillard; les tuyaux pourroient ſe rompre; & lorſque les tuyaux ſont étroits, ou que le trou du robinet qu'on tourne pour faire paſſer l'eau, eſt beaucoup plus étroit que le reſte du tuyau, les petits jets défaillent beaucoup plus que ſelon ces meſures; & alors il ſort beaucoup moins d'eau qu'à proportion des hauteurs des réſervoirs

On calculera alors la dépenſe de l'eau ſelon les hauteurs des réſervoirs, auxquelles conviennent les hauteurs des jets; comme ſi un réſervoir de de 30 pieds ne donne un jet que de 20 pieds par le défaut de l'empêchement de ſa conduite ou d'autres choſes, alors il faudra calculer la dépenſe de l'eau, comme ſi le réſervoir étoit à 21 pieds 4 pouces avec une largeur de conduite ſuffiſante.

Pour connoître les diminutions des hauteurs plus que ſelon la régle quand les trous ſont petits, j'ai fait les expériences ſuivantes:

Le jet par une ligne à un tuyau de 4 pieds & demi manquoit de près de 6 pouces.

A un tuyau de 14 pieds il manquoit de 3 pieds.

A un de 27 il manquoit d'environ 8 pieds; ce qui montre que les jets étroits ne jailliſſent pas à leur véritable hauteur.

Pour connoître ſans calcul la hauteur des jets avant même que d'en faire aucune expérience, il faut avoir une balle de plomb & une de bois, chacune de 5 lignes de diamétre, & les jetter avec même force en haut: ſi celle de plomb s'éléve à 27 pieds, & celle de bois à 24 pieds $\frac{1}{2}$, ce ſera une marque qu'un réſervoir de 27 pieds ne fera ſon jet que de 24 pieds $\frac{1}{2}$ par un trou de 5 lignes; car encor: que la balle de bois ſoit plus légére que l'eau, le plomb eſt auſſi un peu retardé par l'air: & ſi l'on jette le même plomb avec une petite balle de bois d'une ligne, & que le plomb aille à 14 pieds, & la petite balle à 11; ce ſera une marque qu'un jet par une ligne à un réſervoir de 14 pieds ne montera qu'à 11 pieds.

Pour confirmer cette régle on a fait les autres expériences ſuivantes:

On

On a pris un tuyau de 3 pouces de largeur, au haut duquel on avoit ſoudé un tambour d'un pied de diamétre. La figure du tuyau étoit comme en la figure ABCD; la partie d'en-bas étoit recourbée. On mit le réſervoir A B à différentes hauteurs pour faire différentes expériences. TAB. XVIII. Fig. 82.

L'eau du réſervoir étant à 24 pieds 5 pouces plus haut que l'ouverture D, le jet eſt monté à 22 pieds 10 pouces; l'ouverture de l'ajutage étoit de 6 lignes; le quarré de 22 ½ eſt 521 ¼. C'eſt pourquoi nous faiſons que comme 25 quarré de 5, eſt 521 ¼, ainſi 1 pouce de hauteur de réſervoir par-deſſus 5 pieds, eſt un peu moins de 21 pouces, qui doivent étre ajoûtés aux 22 pieds 10 pouces pour avoir la hauteur du réſervoir ſuivant les meſures de la table précédente; ce qui fait 24 pieds & près de 7 pouces; ce qui s'accorde aſſez bien avec l'expérience.

Le jet de 4 lignes à la meme hauteur de réſervoir n'eſt monté qu'à 22 pieds 8 pouces ½, & n'a été plus bas que d'un pouce ou 1 pouce & demi, que celui dont l'ajutage étoit de 6 lignes: mais celui de 3 lignes a été plus bas que celui de 6 lignes de prés de 8 pouces, & n'a été qu'à 22 pieds 2 pouces.

Un réſervoir de 12 pieds ½ a fait ſauter le jet de 6 lignes à 12 pieds; c'eſt un peu plus que ſelon la régle.

Un autre réſervoir à 5 pieds ½ de hauteur dans une conduite fort large, les ajutages étant de 3 lignes, de 4 lignes, & de 6 lignes, les jets ont jailli à peu prés à 25 lignes au-deſſous de la ſurface de l'eau du réſervoir, & celui de 3 lignes ne différoit de celui de 6 lignes que d'une ligne à peu prés. Par le calcul le quarré de 5 ½ eſt 30 ¼, & par la régle 25 pieds eſt à 1 pouce, comme 30 ¼ à 1 ½ un peu plus; ce qui donneroit la hauteur du réſervoir ſeulement moindre d'une demi ligne, que par l'expérience; ce qu'il n'eſt pas poſſible d'obſerver.

Les petits jets dans les petites hauteurs perdent fort peu par le choc de l'air, & ne ſont guéres moins hauts que ceux de 6 lignes, pourvû que les tuyaux ſoient ſuffiſamment larges: le ſurplus de la longueur n'augmente point la hauteur du jet, ni la quantité de l'écoulement, ou de la dépenſe de l'eau lorſqu'on entretient les tuyaux pleins; car le jet qui peut ſoûtenir l'eau qui doit ſortir, eſt toûjours d'égale force, & ſupporte des poids ſelon la grandeur de l'ouverture de l'ajutage.

Le réſervoir étant de 26 pieds 1 pouce, le trou de 6 lignes a jailli à 24 pieds 2 ou 3 pouces; & par la régle, le quarré de 24 ½ étant 588 ¼, comme 25 eſt à 588 ¼, ainſi 1 pouce à 23 pouces ½ à peu prés, qui doivent étre ajoûtés à 24 pieds 2 pouces pour faire la hauteur du réſervoir, qui ſera donc de 26 pieds 1 pouce ½, comme l'expérience le fait voir.

La même hauteur de réſervoir avec un ajutage de 10 lignes a fait jaillir le jet à 23 pieds 9 pouces, & par un ajutage de 3 lignes il a jailli

Digitized by Google

à 22 pieds. Dans la première de ces expériences le défaut de la hauteur procéde de ce que l'ajutage étoit trop large pour une conduite de 3 pouces, & que l'eau y allant fort vîte avoit beaucoup de frottement; & dans la ſeconde c'étoit la petiteſſe du jet, qui aiant beaucoup d'air à traverſer étoit conſidérablement retardé, & ſa hauteur diminuée, comme il a été expliqué en la première & ſeconde conſidération.

L'eau du réſervoir étant à 35 pieds de hauteur moins un demi pouce, par un ajutage de 6 lignes, le jet eſt allé à 31 pieds 8 ou 9 pouces: & par la régle, le quarré de 31 pieds ½ étant 1002 à peu près, 25 eſt à 1002, comme 1 à 40 pouces à peu près, c'eſt-à-dire, 3 pieds 4 pouces, qui étant ajoûtés à 31 pieds 8 pouces, font 35 pieds: ainſi cette expérience eſt conforme à la régle.

Pour le méme réſervoir l'ajutage de 3 lignes a jailli à 28 pieds; celui de 4 lignes juſques à 30 pieds; & un de 15 lignes à 27 pieds ſeulement: par les mémes raiſons qui ont été dites; ſçavoir qu'en cette dernière expérience la conduite du tuyau n'étoit pas aſſez large pour la groſſeur du jet & pour la dépenſe de l'eau; & dans les deux premières, que la hauteur étant grande, l'air réſiſtoit trop au petit jet de 3 & 4 lignes.

J'ai fait encore des expériences avec un réſervoir de 50 pieds de hauteur, & les jets ont ſuivi les mémes régles: l'ajutage de 6 ou 7 lignes faiſoit les jets les plus hauts.

Lorſqu'il y a un large réſervoir, comme d'un pied, au haut d'un tuyau de 50 ou 60 pieds de hauteur, & de 3 pouces de largeur; il arrive que lorſqu'on laiſſe aller un jet de 9 ou 10 lignes, il ne monte pas ſi haut qu'il devroit faire ſuivant cette hauteur de réſervoir: car l'eau du réſervoir ne peut pas venir aſſez vîte des côtez qui ſont éloignés du trou, pour entrer dans le tuyau; & il s'y fait ordinairement une eſpéce d'entonnoir en tournoïant à cauſe de la trop grande dépenſe de l'eau qui ſe fait par l'ajutage joint au frottement dans le tuyau, comme il a été expliqué ci-devant. De-là il arrive un effet aſſez ſurprenant, qui eſt que lorſque le jet eſt allé d'abord à une hauteur comme de 45 pieds, il diminue, & ne va qu'à 44 pieds, & enſuite il remonte à 46, ou à 47; ce qui arrive dès que l'air peut entrer par l'ouverture du tambour: car alors, outre l'accélération de l'eau qui va plus vîte, la hauteur du jet ſe fait ſelon la hauteur de l'eau depuis le fond du tambour, & elle n'eſt plus retenue par l'eau ſupérieure; cette raiſon eſt confirmée par l'expérience ſuivante.

TAB. XVIII. Fig. 83. On fit faire un réſervoir de 6 pieds de hauteur comme ABCD, & à un pied au-deſſous plus haut on ſouda une platine en dedans, repréſentée par EF, percée d'une ouverture de 8 lignes de diamétre en G. On y verſoit de l'eau juſques à ce qu'elle commençât à couler par l'ajutage D, & l'on fermoit cette ouverture achevant de remplir le réſervoir. Pour avoir plûtôt fait, il faut faire un petit trou au-deſſous de F comme

me en K, afin que l'eau entrant dans le réſervoir par l'ouverture G, l'air puiſſe en ſortir facilement, & le fermer enſuite quand le tuyau ſera plein juſques à EF pour pouvoir achever de remplir le réſervoir juſques en A B. Ce réſervoir étant plein, on laiſſoit couler l'ouverture D, & le jet montoit au commencement comme juſques en I, & diminuoit peu à peu juſques à ce que l'eau fût au-deſſous de la platine; alors l'eau s'élevoit juſques vers K.

La cauſe de cet effet eſt la même que celle du plus grand écoulement de l'eau, lorſqu'on met un tuyau étroit à l'ouverture d'un large réſervoir: car alors l'eau coule par le cylindre d'eau G L M D, de même que ſi c'étoit un tuyau, le reſte de l'eau n'aiant point de mouvement conſidérable à cauſe de la platine: mais lorſque l'eau eſt au-deſſous de G, & que l'air commence à y paſſer, toute l'eau E F M eſt libre pour agir ſur D, & il doit jaillir juſques près de F. L'effet ſera encore plus merveilleux ſi le trou D eſt de 6 ou 7 lignes, & le trou G de 3 ou 4; car le jet n'ira pas d'abord plus haut qu'en N, & décroîtra comme juſques en O, & l'eau étant au-deſſous de G, il remontera juſques près de F.

De même s'il y a un ſyphon, comme A B D C, qui faſſe couler l'eau d'un ſeau E F dont la ſurface eſt I K, par B H D C, elle jaillira par un petit trou comme juſques en H; & ſi le ſyphon étoit moins long, le jet s'éléveroit moins haut depuis ſon ouverture en C: mais lorſqu'il n'y aura plus d'eau dans le ſeau au-deſſus de A, le tuyau ſe vuidera depuis A juſques vers B, & lorſque le haut de l'eau ſera en B, elle jaillira juſques en I ſi le ſyphon eſt de 5 ou 6 lignes de largeur, & l'ouverture C petite comme de deux lignes, parce qu'alors la viteſſe ſe fait par la hauteur C B, & au commencement elle ne ſe faiſoit que par la hauteur C K, & diminuoit toûjours juſques à ce que l'eau du ſeau fût au-deſſous de A. TAB. XVIII. Fig. 84.

Il ſemble que c'eſt le poids de l'eau qui fait faire au jet l'élévation pour ſe réduire à l'équilibre, & que ſi l'on preſſoit l'eau qui eſt proche de l'ajutage par un poids égal à celui de l'eau du tuyau, le jet iroit auſſi haut. Voici une expérience que j'en ai faite pour le prouver:

A B C eſt un tuyau de verre d'un pouce & demi de largeur, & ſa hauteur D A eſt d'un pied; l'ajutage ou l'ouverture C eſt de 2 lignes ½: on verſe du mercure par A juſques à ce que le fond E F en ſoit rempli: on met enſuite de l'eau doucement en l'eſpace C F; après, on ferme l'ouverture C avec le pouce, & l'on achéve de remplir de mercure le tuyau juſques en A. Lorſqu'on léve le pouces de deſſus l'ouverture C, l'eau C F s'éléve juſques à 12 ou 13 pieds à peu près. La cauſe de cette grande élévation eſt la peſanteur ſpécifique du poids du mercure, qui eſt à celle de l'eau comme 14 à 1. Par conſéquent un pied de mercure en D A péſera autant que 14 pieds d'eau, qui ſeroient dans un plus grand tuyau, & feront le même effort pour faire jaillir l'eau par C. Et TAB. XVIII. Fig. 85.

parce qu'un réſervoir de 14 pieds fait jaillir l'eau à 13 pieds environ, un pied de mercure doit faire le même effet. Il n'importe pas que le tuyau ſoit large ou étroit, pourvû qu'il ſoit proportionné à l'ouverture C.

Il s'enſuivra de ſemblables effets par des poids poſés ſur une ſeringue, au lieu du poids de l'eau ou du vif argent.

TAB. XVIII. Fig. 86. Soit, par exemple, A B C D une ſeringue de 3 pouces de largeur, aiant à ſa ſortie une ouverture de 4 lignes en E, le piſton eſt F G, qui a une platine H I au-deſſous de ſon manche, auquel elle eſt attachée, afin que la ſeringue puiſſe ſe ſoûtenir droite, le piſton étant dedans; il y a de l'eau depuis le haut du piſton L juſqu'en E. M N, O P, ſont deux bâtons attachés au corps de la ſeringue, d'où l'on ſuſpend deux poids égaux Q & R avec deux cordes de part & d'autre de la ſeringue. Je dis que ſi ces deux poids péſent 20 livres, le jet jaillira par E auſſi haut, que ſi un réſervoir, qui auroit communication avec l'ouverture E, & dont le tuyau qui renfermeroit l'eau, ſeroit égal en groſſeur au corps de la ſeringue A B C D, étoit aſſez haut pour contenir de l'eau peſant 20 livres. Or le tuyau étant large de 3 pouces, il aura 9 pouces de ſurface, dont chacun péſe 6 onces & $\frac{1}{2}$; c'eſt donc 55 onces, ou 3 livres 7 onces ſur chaque pied de hauteur; & ſi le réſervoir étoit de 6 pieds, ce ſeroit 20 livres 10 onces: donc le jet iroit environ à 6 pieds ſuppoſant que le frottement du piſton ne fût que de la valeur de 10 onces: ainſi ſi les deux poids étoient de 40 livres, ils feroient jaillir l'eau à 12 pieds à peu près; & s'ils étoient de 100 livres, elle jailliroit comme ſi le tuyau étoit de 30 pieds de hauteur.

TAB. XVIII. Fig. 87. Mais ſi l'on fait un tambour de cuivre G K P H, dont la platine ſupérieure ſoit bien épaiſſe pour ſoûtenir un grand effort, & qu'on y mette un cylindre creux I L; le tambour étant rempli d'eau juſqu'à M N, qu'il y ait une ouverture O pour y ſeringuer de l'air par le moïen d'une ſoupape qui ſera en dedans; aiant fermé le trou Z lorſque l'air ſera condenſé 4 fois, ſon effort ſera égal à 4 fois 32 pieds d'eau; & ſi le tambour étoit d'un pied de diamétre, chaque pied d'eau de hauteur péſeroit 55 livres; ce ſeroit donc 128 fois 55 livres, ou 7040 livres; il faudroit donc la force de 7040 livres pour condenſer l'air 4 fois: mais ſi l'ouverture O étoit d'un quart de pouce, & la baſe H P d'un pied, la proportion ſeroit comme 1 à 2304, & la force de 4 livres feroit entrer de l'air juſques à 4 fois ce nombre, c'eſt-à-dire, juſques à porter le poids de 9216 livres; il porteroit donc autant de poids que celui de 128 pieds d'eau, & par conſéquent lorſqu'on ouvriroit l'ouverture Z, le jet iroit à près de 100 pieds.

Que ſi le tambour étoit plus large, l'air qui ſeroit entre M N & G K, ne ſeroit pas plus difficile à condenſer par l'ouverture O, comme il a été prouvé dans le *Traité de la Percuſſion*, & il ne laiſſeroit pas de faire le meme effort pour jaillir juſques à 128 pieds de hauteur qu'un tuyau de toute la largeur plein d'eau.

J'ai

Digitized by Google

J'ai fait encore l'expérience ſuivante: J'ai pris deux ſeringues inégales, l'une avoit 2 pouces $\frac{1}{4}$ de diamétre, & l'autre 3 $\frac{1}{4}$. Dans celle de 2 pouces $\frac{1}{4}$, cinq livres de poids faiſoient deſcendre le piſton à vuide; & aiant empli toute la ſeringue, & pouſſant le piſton avec une force qui valoit à peu près 12 livres, j'ai fait élever l'eau par un trou de 8 lignes à 4 pieds à peu près. Or un pied de hauteur du tuyau de la ſeringue vaut à peu près 32 onces ou 2 livres, & 4 pieds valent environ 8 livres. Si donc l'effort étoit de 13 livres, ôtant 5 livres pour le frottement du piſton, il reſtoit 8 livres pour le poids équivalant de l'eau d'un réſervoir de 4 pieds de haut un peu plus, & de 2 pouces & $\frac{1}{4}$ de diamétre; l'autre ſeringue donna les mêmes choſes à proportion.

Si l'on pouſſe le piſton A B K I dans ſon corps de pompe C D F E, qui ſoit retreſſi plus haut, comme on le voit en la figure I H, le grand frottement de l'eau le long du tuyau étroit, G I H, arrête conſidérablement la force de l'impulſion pour y faire paſſer l'eau contenue en A B E F; & elle y paſſeroit mieux ſi cette conduite n'alloit que juſques en I, & beaucoup mieux ſi la conduite étoit plus large que le corps de pompe où le piſton joue comme L M N O: ce qu'il faudra conſidérer quand on éléve de l'eau par des pompes à des grandes hauteurs. TAB. XVIII. Fig. 88.

Enfin on peut pouſſer un jet bien haut ſelon la méthode ſuivante: Aïez un vaiſſeau A B C cylindrique, de cuivre, rond par le haut, de deux pieds de hauteur & de 8 pouces de largeur, poſé & attaché ferme ſur un plan de bois ou de fer &c. Aïez à côté une ſeringue ou corps de pompe D E F avec ſon piſton N Q, & une ſoupape au bas, comme on fait ordinairement dans les pompes; & que le piſton en deſcendant avec la force d'un homme ou de deux, faſſe par compreſſion entrer l'eau dans le vaiſſeau par le tuyau G I I garni de ſa ſoupape en H, comme il a été enſeigné au commencement de ce Traité. Mettez à côté du cylindre creux ou vaiſſeau un autre tuyau I L recourbé vers le haut, où il y ait un ajutage de 12 lignes à ſon extrémité L: ſi l'on ajûſte encore aux deux côtez du vaiſſeau deux autres pompes ſemblables à celle-ci, on y pourra faire entrer une très-grande quantité d'eau. Les piſtons pourront être attachés à des extrémitez de levier comme N pour avoir plus de force, étant attaché à l'appui en O. Lorſqu'on fera jouer les piſtons par le moïen des leviers, l'eau entrera dans le vaiſſeau A B C, & paſſera au commencement dans le tuyau I L avec une médiocre force; mais en continuant, on pouſſera tant d'eau, qu'elle ne pourra pas ſortir toute par l'ajutage L: alors elle s'élévera comme juſques en P, & condenſera l'air enfermé dans le haut du vaiſſeau; & ſi l'on pouſſe encore l'eau avec plus de force, elle montera plus haut, comme en R, condenſant l'air de plus en plus; & quand il le ſera 8 fois plus qu'à l'ordinaire, il preſſera l'eau R S H I pour la faire ſortir par I L, comme s'il y avoit 7 fois 32 pieds d'eau au-deſſus de H I, c'eſt- TAB. XIX. Fig. 89.

à-dire, 224 pieds; ce qui feroit un jet d'eau par l'ajutage L de plus de 120 pieds de hauteur. Mais il faut que les trois pompes puiſſent fournir aſſez d'eau; car l'ajutage L de 12 lignes en dépenſera plus de 64 pouces.

L'air ſe condenſant à proportion des poids dont il eſt chargé, ſi l'on
TAB. XIX. Fig. 90 fait une machine AB compoſée d'un coffre EFGH plein d'eau juſques à la ligne IL un peu au-deſſous de EF, & un tuyau MN, qui ſoit bien ſoudé en M & en O avec les deux platines EF, GH, qui font le deſſus & le deſſous du coffre, afin que l'air n'y entre point; le coffre EG ſervira de réſervoir. Il faut qu'il y ait encore un autre coffre égal au premier, comme CDTK, plein d'air, auquel le tuyau MN ſoit bien ſoudé. Lorſqu'on verſera de l'eau par M, elle deſcendra par N juſques à KT: & étant montée juſques en PQ, l'air contenu dans l'eſpace QPCD, & dans le tuyau XY bien ſoudé aux deux coffres, ne pourra pas ſortir par A, & ſe condenſera peu à peu juſques à ce qu'il ſe faſſe équilibre entre le poids de l'eau en MN, & le reſſort de l'air enfermé. Par exemple, ſi l'eau s'eſt élevée juſques en RS, l'air contenu en l'eſpace CDSR, dans le tuyau XY, & dans l'eſpace EIFL, ſera condenſé par le poids de l'eau MS, & preſſera l'eau IHGL: alors ſi l'on ouvre l'ajutage A, dont le tuyau deſcend près de HG vers V, l'eau jaillira de la hauteur AZ égale à la hauteur MS, parce que l'air preſſé par la hauteur de l'eau MS, fait le même effort ſur l'eau IG, que ſi le tuyau MS plein d'eau étoit au-deſſus de l'eau IL, & l'eau qui tombera du jet paſſant par M, rentrera dans le coffre inférieur; & par ce moïen le jet durera juſques à ce que toute l'eau qui eſt depuis l'extrémité V du tuyau AV juſques à l'extrémité Y du tuyau XY, ſoit ſortie en jailliſſant. Cette machine porte le nom de *Heron*; il l'a décrite dans ſon Traité intitulé *de ſpiralibus*, ſuivant le traduction de *Commandin*.

On peut faire jaillir cette eau beaucoup plus haut en augmentant la hauteur du tuyau MN.

La beauté des jets d'eau conſiſte en leur uniformité & tranſparence au ſortir de l'ajutage ſans s'écarter que bien peu au plus haut du jet. On a cherché pluſieurs manières pour faire les ajutages, dont il y en a qu'on doit préférer aux autres pour pluſieurs raiſons. Les plus mauvais ſont ceux qui ſont en cylindre: car ils arrêtent beaucoup la hauteur du jet; les coniques l'arrêtent moins. Mais la meilleure manière c'eſt de percer la platine horiſontale qui ferme l'extrémité du tuyau de la conduite, d'une ouverture lice & polie; prenant garde que la platine ſoit parfaitement plane, polie & uniforme. Voici quelques ex-
TAB. XIX. Fig. 91 périences que j'en ai faites. Aiant un tuyau de fer blanc ABC de 15 pieds de hauteur, & l'aiant percé en D d'un trou de 3 lignes; le jet étoit parfaitement beau, & alloit à 14 pieds: mais le tuyau aiant été fait plus haut juſques à 27 pieds, & y aiant fait une ouverture de 6 lignes;

Digitized by Google

gnes; le jet n'alla qu'à 12 pieds en s'écartant beaucoup, & ſe ſéparant en pluſieurs goutes; ce qui procédoit de ce que l'eau qui entretenoit le jet, étoit pouſſée de travers avec force, comme on le voit en la figure 92e. qui repréſente une portion du tuyau BC. Car l'eau ED & FD qui vient par les côtez, a une grande viteſſe de travers, qui la porte en DL & en DM; & GD eſt portée en DN, & HD en DO; ce qui écarte le jet, parce que le peu d'eau qui vient directement de P en D, ne ſuffit pas pour redreſſer le jet. TAB. XIX. Fig. 92.

Pour éviter ce défaut je fis mettre en D un ajutage d'un pouce de longueur, & d'un pouce de largeur, comme on voit dans la figure 93e, où BCD repréſente la partie BCD de la 91e. figure: on perça d'une ouverture de 6 lignes le petit tuyau montant DQ en Q; alors le jet fut plus beau, & s'éleva à 3 ou 4 pieds plus haut. TAB. XIX. Fig. 93.

Je fis faire enſuite l'extrémité de la conduite ſelon la figure courbe ILMNOP dans la 94e. figure; & dans la platine QP, je fis mettre un ajutage ſemblable à la figure 95e; il étoit un peu en cône; mais il y avoit une platine intérieure repréſentée par EQ, qui laiſſoit une ouverture d'un pouce au milieu; & la platine ſupérieure AIB étoit percée en I au milieu d'une ouverture de 6 lignes; ce qui étoit fait afin qu'il n'y eût point de frottement qu'au bord de la platine EQ en dedans, car il n'y en pouvoit avoir que très-peu en EA & BQ. Mais cela réuſſit très-mal: car le jet alla moins haut, & s'écarta plus qu'il n'avoit fait par un ſimple ajutage en cône; ce qui pouvoit venir des mouvemens différens de l'eau, qui aiant paſſé par QE choquoit avec violence la platine AB à côté de ſon ouverture, & ſe réfléchiſſant elle empechoit le reſte de l'eau de ſortir droit. Enfin je fis mettre une platine bien polie en PQ dans la 94e. figure percée d'une ouverture de 6 lignes bien ronde & polie: alors le jet fut très-beau, & s'éleva à 32 pieds, le réſervoir étant à 35 pieds 5 pouces, au lieu que les autres jets ne s'élevoient qu'à 27 ou 28 pieds; ce qui arrive parce que l'eau prend la direction de ſon mouvement depuis R, & qu'il en vient peu latéralement des côtez Y & Z, qui ne laiſſent pas de contribuer à la direction du jet, la platine étant très-polie, & tout étant égal de part & d'autre, & arrêtant également le mouvement latéral l'une de l'autre. Or le jet par cet ajutage s'élevoit juſques à 22 pieds ſans ſe ſéparer ſinon en retombant, & s'arrêtoit fort peu au haut quand il alloit à 32 pieds, & beaucoup moins que par les autres ajutages. J'ai vû une platine percée d'un trou de 4 lignes & de 6 ou 7 petits alentour, qui faiſoient une eſpéce de gerbe dont tous les jets étoient très-beaux & tranſparens, & celui du milieu s'élevoit à 18 pieds. TAB. XIX. Fig. 94. TAB. XIX. Fig. 95.

Les jets s'élargiſſent néceſſairement à meſure qu'ils s'élévent, dont la raiſon eſt, qu'ils diminuent peu à peu de viteſſe, & parce que c'eſt la même eau qui par ſa viſcoſité ſe tient unie ſans ſe ſéparer, il faut qu'elle occupe plus de place à l'endroit où elle va moins vîte ſelon la proportion de la viteſſe à la viteſſe.

Par

Par la même raiſon l'eau qui s'écoule par un trou de 5 ou 6 lignes, lorſqu'elle n'eſt dans le réſervoir qu'à la hauteur de 3 ou 4 pouces, va toûjours en s'étréciſſant juſques à ſe réduire en goutes quand le filet d'eau eſt devenu trop petit: car il ne doit y avoir qu'une même quantité d'eau dans tous les eſpaces qu'elle parcourt en tombant, leſquels en des tems égaux ſont entr'eux comme les nombres impairs de ſuite; d'où l'on voit que le filet de l'eau deviendroit à la fin plus délié qu'un cheveu: mais avant que d'en venir juſqu'à ce point, elle ſe ſépare & ſe diviſe en goutes, qui accélérent toûjours leur mouvement juſques à ce qu'elles aient acquis leur plus grande viteſſe.

Il ne faut pas régler la dépenſe de l'eau par la hauteur des jets, mais par la viteſſe de ſa ſortie par l'ajutage. Or dans les ajutages d'une ligne, les jets ne vont pas ſi haut à la même hauteur de réſervoir que ceux de 5 ou 6 lignes, & cependant ils donnent de l'eau ſenſiblement dans la proportion de leurs ouvertures, comme l'on a vû. Pour connoître les cauſes de ces effets différens, il faut conſidérer, que les petits globes ſont aux grands en raiſon triplée de leurs diamétres: mais ils ſont retardés dans leur mouvement par l'air ſelon les ſurfaces de leurs grands cercles, & ils forcent cette réſiſtance de l'air ſelon les différences de leurs poids, comme il a été expliqué ci-devant. D'où il arrive que ſi l'on tire un mouſquet chargé de balles & de menues dragées de plomb, les balles iront bien plus loin que les menues dragées, quoiqu'elles ſortent du mouſquet avec les mêmes viteſſes comme nous l'avons expliqué. La même choſe ſe doit entendre des petits ajutages & des grands, qui ont une même hauteur de réſervoir: car quoiqu'à la ſortie des ajutages ils aillent à fort peu près auſſi vite l'un que l'autre, lorſqu'ils paſſent beaucoup d'air, les petits jets ſont retardés depuis leur ſortie juſques à leur plus grande hauteur beaucoup plus à proportion que les gros jets: & par conſéquent les gros iront beaucoup plus haut que les petits; mais ils ne donneront pas plus d'eau à proportion, ou du moins guéres plus, puiſqu'elle ne doit s'eſtimer que par la viteſſe qu'ont les jets à leur première ſortie de l'ajutage, qui eſt à fort peu près égale dans les petits ajutages & dans les grands.

Lorſqu'on a un jet d'eau entretenu par une quantité ſuffiſante d'eau, & qu'on perce le tuyau de la conduite par une ouverture égale à celle de l'ajutage pour ſe ſervir de l'eau qui en ſort, on trouvera la diminution du premier jet en cette ſorte:

TAB. XIX. Fig. 96 Soit *ABCD* un réſervoir à 13 pieds de hauteur par-deſſus l'ajutage H de 6 lignes d'ouverture; le jet doit être d'environ 12 pieds ½, ſi la conduite eſt de 3 pouces de largeur. On fait un trou en I de 6 lignes, d'où ſort l'eau IL; le jet HM dépenſe 4 pouces d'eau par les régles qui ont été données; & parce qu'il en doit ſortir autant à fort peu près par le trou I, la conduite eſt trop étroite pour donner la même hauteur à deux jets égaux à HM; c'eſt pourquoi auſſi-tôt qu'on laiſſera cou-

Digitized by Google

couler l'eau I L, le jet H M diminuera un peu: & à cauſe que les deux trous H & I donnent 8 pouces à peu près, & que l'eau N O, qui fournit l'eau au réſervoir, n'eſt que de 4 pouces par ſuppoſition; le réſervoir ſe vuidera peu à peu s'il eſt bien ſpacieux, & fort vîte s'il ne contient qu'un demi muid ou 100 pintes. Il faut donc que l'eau deſcende dans le tuyau juſques à ce que le jet H M ne donne que 2 pouces: car alors le trou I donnant auſſi 2 pouces, toute l'eau N O ſera emploïée. Or 13 pieds eſt à ſa moitié 6 ½, comme 6 ½ à 3 ¼. Donc la hauteur de l'eau étant P Q de 3 pieds ¼ au-deſſus de H, le jet ne pourra étre que 3 pieds 2 pouces quelques lignes ſelon les régles ci-deſſus: & par conſéquent on verra décroître le jet H M juſques à ce qu'il n'ait plus que 3 pieds 2 pouces quelques lignes, & l'eau N O entretiendra la hauteur de l'eau à la hauteur Q P.

Que ſi l'on referme le trou I, le jet par H commencera à croître juſques à ce qu'il aille en H M, & à même tems l'eau de la conduite s'élévera au-deſſus de P juſques à ce qu'elle ſoit dans le réſervoir A H à ſa premiére hauteur. On ſe réglera de même dans les autres cas ſemblables.

Si les hauteurs des réſervoirs étoient extrêmement grandes, les jets ſe diſſiperoient par la rencontre & par le choc violent de l'air, & au lieu d'aller plus haut que les jets de quelques réſervoirs moins hauts, ils iroient beaucoup moins haut.

J'en ai fait les expériences ſuivantes:

On mit dans une arbalete un petit tuyau d'un pouce de largeur & de 8 pouces de longueur, attaché fortement dans la coche de la corde de l'arbaléte; & l'aiant bandée, on la leva perpendiculairement, & on emplit d'eau le petit tuyau: l'eau étant pouſſée par la force de l'arbalête ſortit, & rencontrant l'air avec violence s'écarta beaucoup: ceux qui étoient à côté ne virent pas monter le jet; mais ils virent tomber pluſieurs petites goutes à plus de 20 pieds à la ronde de celui qui tenoit l'arbalête, lequel aſſûra avoir vû monter l'eau juſques à 30 pieds environ: or cette viteſſe convenoit à un réſervoir de plus de 600 pieds, & le jet devoit être de 300 pieds ſelon les régles.

AUTRE EXPÉRIENCE.

J'Ai fait charger pluſieurs fois un piſtolet de 4 pouces de hauteur d'eau au lieu de balle, & tirant cette eau de 20 pieds contre une porte en élevant le piſtolet ſelon un angle de 45 degrez à peu prés pour empecher l'eau de tomber, il n'y en alla pas une goute. Je le fis tirer une ſeconde fois de 10 pieds, & il arriva la même choſe; & quand celui qui avoit tiré s'avançoit, & levoit le viſage en haut, il ſentoit tomber de petites goutes. Enfin on le tira de 7 pieds contre un papier mis au haut d'une porte; alors le papier fut tout mouillé, & l'on trou-

va que l'eau s'étoit écartée jusques à 2 pieds de diamétre : & l'aiant tiré encore une autre fois de 8 pieds de distance, le papier ne fut pas mouillé. Si l'on calcule cette eau comme un cylindre de 5 lignes de largeur & de 4 pouces de hauteur, & qu'on divise le produit par une surface de 2 pieds de largeur, on trouvera que son épaisseur ne sera qu'environ $\frac{1}{4}$ de ligne ; car le solide du quarré de 5 par 48 est 1200, & le solide du quarré de 288 lignes par 1 est un peu moindre que 1200 lignes cubiques, & le cylindre etroit est de 943 lignes cubiques, & celui de deux pieds de diamétre pour sa base est de 931 : il arrive donc que l'eau étant reduite encore à une plus petite épaisseur comme quand on la tire de 10 pieds de distance, elle se separe en petites goutes, dont quelques-unes s'élévent en vapeurs, & les autres retombent ; mais elles sont imperceptibles.

On voit le même effet quand une bouteille de savon se rompe ; car les particules de son eau, qui sont trop menues, s'élévent en vapeurs visibles, & le reste tombe. Un filet d'eau par un trou d'une demi ligne au-dessous de 100 pieds de hauteur, rencontrant la main en jaillissant de travers, se mettoit aussi en vapeurs.

On pourroit objecter que si l'on tiroit de l'eau dans un canon, qui eût un pied de calibre, l'eau iroit plus loin que 10 pieds ; on en demeure d'accord : mais elle n'ira pas à 100 pieds, comme on peut le prouver, & l'expérimenter.

Or cette viteſſe est si grande qu'aucun réservoir accessible n'en peut donner une pareille. Car puisque la première viteſſe de l'eau qui en sortiroit, seroit 1000 pieds en une seconde, comme fait le son ; supposons que le réservoir soit à 10000 pieds de hauteur, & que la viteſſe d'un globe d'eau d'un pied fasse en tombant 13 pieds en une seconde, elle sera 26 pieds horisontalement : le produit de 13 par 10000 est 130000, dont la racine quarrée est environ 360 : comme 13 à 360, ainsi une seconde à 28 à peu près. Si l'on suppose donc qu'un globe d'eau d'un pied accélére selon les nombres impairs de suite ; ce qu'il ne fait pourtant que jusques à une médiocre distance ; il tombera de 10000 pieds en 28 secondes, & fera 20000 pieds horisontalement par une viteſſe uniforme égale à la viteſſe acquise en 28 secondes, & en une seconde environ 714 pieds, qui est une viteſſe moindre que la viteſſe produite par la poudre à canon dans le canon. Mais comme il n'y a point de lieu accessible de 10000 pieds de hauteur, on ne peut voir l'effet de ces jets d'eau ; outre que cette hauteur de 10000 pieds donneroit par 1 pied d'ouverture 64512 pouces à peu près, qui feroient une riviére trop considérable pour être sur une si grande hauteur.

Il faut donc croire que les plus grands jets ne doivent pas aller à 300 pieds : car le réservoir étant à 600 pieds, il faudroit qu'il fût d'environ 6 pouces de diamétre, & la conduite devroit être de 20 pouces de largeur, & il donneroit 16128 pouces, qui est encore une trop grande quan-

quantité d'eau; & ainſi il faut ſe réduire à 100 pieds de hauteur, & à 12 ou 15 lignes d'ajutage: car, quand même il iroit à 150 pieds, il ne paroîtroit guéres plus haut à la vûë quand on en ſeroit à 20 pieds de diſtance.

SECOND DISCOURS,

De la hauteur des Jets obliques, & de leurs amplitudes.

LEs jets qui jailliſſent horiſontalement, ou obliquement comme dans la figure ſuivante, décrivent une ligne courbe, qui eſt une parabole, ou une demi-parabole, dont *Torricelli* a donné la démonſtration après *Galilée*: mais il faut faire abſtraction de la réſiſtance de l'air. Toutefois, ſi les jets ſont foibles, la ligne courbe ſera ſenſiblement parabolique, à cauſe que l'air réſiſte à une petite viteſſe, & que l'accélération de viteſſe de la goute qui tombe, ou la diminution de celle qui jaillit, ſe fait ſenſiblement ſelon les nombres impairs. Et même dans les viteſſes médiocres des jets, leur courbure approche fort de la parabole; parce que ſi d'un côté la direction horiſontale eſt retardée peu à peu, & ne va pas d'un mouvement uniforme, auſſi l'accélération ne va pas à la fin de la chûte ſelon les nombres impairs, mais elle retarde par la réſiſtance de l'air, comme on l'a expliqué ci-devant; & ainſi l'un des défauts recompenſe l'autre, comme on le voit en la figure 97e, où la véritable parabole eſt ABC, ſi en 3 petits intervalles de tems égaux le mobile parcourt horiſontalement les 3 eſpaces égaux AE, EG, GD, & qu'il parcourre en deſcendant AI au premier tems; IM, qui contient trois fois AI au ſecond tems; & au troiſiéme MN, qui contient 5 fois AI. Mais ſi le choc de l'air fait que le mobile n'aille qu'en H au lieu d'aller en D, en ces trois tems auſſi le choc de l'air l'empechera de deſcendre dans les tems juſques en N, & il n'ira qu'environ en K: & tirant la parallele KL, qui compera HF en L un peu au-dedans de la courbe ABC; la ligne courbe AOL, qui ſera décrite par ce mouvement retardé en proportion (ce qui n'eſt pourtant pas vrai dans la rigueur) ſera une autre parabole intérieure à la premiére ABC. De cette propriété des corps qui ſont mûs dans l'air, nous déduiſons les problèmes ſuivans. TAB. XIX. Fig. 97.

PROBLÈME.

Etant donnée la hauteur médiocre d'un réſervoir, & le jet étant oblique, trouver où il touchera le plan horiſontal.

Digitized by Google

TAB. XIX. Fig. 98.

Soit AB le tuyau du réſervoir; C l'ajutage; CD une ligne parallele à AB; DEC un demi cercle, dont H eſt le centre. *Galilée* & *Torricelli* ont démontré, que ſi la direction du jet au ſortir de l'ajutage eſt par la ligne CE, qui faſſe l'angle DCE avec la perperdiculaire DC de 45 degrez, ajant continué HE perpendiculaire à DC juſques en F, en ſorte que EF ſoit égale au demi-diamétre du cercle HE; le point F ſera le ſommet de la parabole CFG décrite par le jet, comme on le voit en la figure; CE ſera la tangente de cette parabole au point C; & CG l'amplitude de la parabole double de HF ou CD.

Que ſi l'on donne une autre direction au jet, comme CL, il faut abaiſſer la perpendiculaire LM ſur CD; & MLN étant double de ML, le point N ſera le ſommet de la parabole que décrira ce jet, dont CR ſera l'amplitude égale à deux fois MN; & de méme à l'égard de toutes les autres directions. D'où il ſuit, que ſi l'angle LCE eſt égal à l'angle ECO, le jet par la direction CO ira auſſi loin que le jet par la direction CL; & QOP étant égale & parallele à MLN, P ſera le ſommet de la parabole de ce jet; & qu'elles ſe rencontreront toutes deux dans la ligne horiſontale CG au point R, puiſque leur amplitude CR, quadruple de ML ou double de MN, ſera commune à toutes deux.

Les jets des bombes pleines de poudre ſuivent les mêmes régles. D'où il s'enſuit, que ſi l'on a trouvé par expérience qu'une bombe, dont la direction eſt élevée de 45 degrez, va juſques à 500 toiſes de longueur; elle ira perpendiculairement juſques à 250 toiſes: car ſi CG eſt 500 toiſes, & que la bombe ait décrit la parabole CFG; elle ne s'élévera qu'à la hauteur CD, laquelle eſt le diamétre du demi cercle, qui par conſéquent ſera 250 toiſes, moitié de l'amplitude CG de la parabole CFG. Mais il faut conſidérer que la réſiſtance de l'air change un peu ces meſures: car s'il y a plus d'air à paſſer par CFG que par CD, la bombe ira un peu plus près du point D à proportion que du point G; & par la méme raiſon, ſi la direction de la bombe étoit CL, & qu'elle tombât au point R, elle iroit un peu plus loin par la direction CO, parce qu'il y a plus d'air à paſſer dans la parabole CNR que dans la parabole CPR. Voici les expériences que j'en ai faites avec de l'eau, qui doit être plus retardée par l'air, qu'une balle de fer, ou qu'une bombe.

Dans la figure précédente ſuppoſons ABC un tuyau de 6 pieds de hauteur depuis la ſurface de l'eau à la hauteur de D dans le réſervoir juſqu'à l'ajutage C; la direction du jet CFG étoit de 45 degrez ſur l'horiſon; & par ce que l'on vient de dire, CG qui étoit l'amplitude de la parabole, devoit étre de 10 pieds: mais le jet s'écartoit vers la fin, & celui qui approchoit le plus près de 10 pieds, étoit de 9 pieds 10 pouces; & par conſéquent ce jet ne manquoit que de $\frac{1}{120}$, c'eſt-à-dire, deux ſur 120. Mais aiant fait des expériences ſur de plus grandes hauteurs, le

le jet diminuoit plus de ſon amplitude à proportion par la plus grande réſiſtance de l'air, & cette diminution ſe doit faire à proportion de celle des hauteurs des jets: & ainſi il faudra prendre le double de la hauteur perpendiculaire des jets pour ſçavoir l'amplitude du jet parabolique à l'élévation de 45 degrez.

Les jets de vif-argent ſont de même, mais leur extrémité s'écarte plus qu'aux jets d'eau, dont la cauſe eſt que le mercure ſupérieur B F gliſſe ſur l'inférieur C E D par ſa rencontre, & au contraire le mercure qui eſt vers E, deſcend par ſa peſanteur, & par le choc de celui qui eſt plus haut: c'eſt ce qui fait que les goutes de vif-argent ſont fort ſéparées les unes des autres entre D & F, & de haut en bas; mais elles ne s'écartent point en largeur. Et ſi l'on met l'œil dans le plan de la direction du jet, il ne paroîtra que comme un filet de la même largeur par-tout, laquelle il a à la ſortie de l'ajutage, parce que ne s'écartant point à la ſortie, les goutes les plus proches de l'œil couvrent toutes les autres qui ſont au-deſſous dans toute l'étenduë du jet. TAB. XIX. Fig. 99.

Pour prouver par expérience que les matières les plus peſantes font leurs paraboles plus grandes, j'ai ſuſpendu une balle d'acier à un fil de 42 pouces ou 3 pieds ½ de longueur, & l'aiant élevée par un arc de 50 degrez, je la laiſſai aller; elle revint, après être montée de l'autre côté, à 49 degrez 45 minutes: l'arc des 15 minutes qui manquoient, étoit de la largeur de 6 lignes, & par conſéquent il ne perdoit qu'une ligne & demi à peu près en tombant juſques au point de repos. Je mis enſuite une boulette de cire de même groſſeur chargée d'un petit poids, en ſorte que ſa peſanteur ſpécifique étoit comme celle de l'eau; & l'aiant élevée à 50 degrez, elle revint à 4 pouces près au 2e. battement: elle perdoit donc 8 fois autant par la réſiſtance de l'air, que celle d'acier; ce qui eſt à peu près ſelon les proportions de la peſanteur ſpécifique de l'eau à l'acier.

Lorſqu'en un tuyau les ouvertures ſont plus hautes les unes que les autres, & que les jets ſont horiſontaux, on peut ſçavoir la longueur des jets ſur un plan horiſontal par les mêmes régles en cette manière:

Soit A B C D un vaiſſeau cylindrique, ou d'une autre forme, percé en F & en G, l'eau étant toûjours entretenue à la hauteur de A B; H I eſt un plan horiſontal; & l'on veut ſçavoir où les jets F & G tomberont ſur le plan H I. On ſuppoſe que le côté du tuyau B F G H, où ſont percés les trous F & G, eſt à plomb: ſur la ligne B H pour diamétre aiant décrit le demi cercle B L K H, ſoient menées les perpendiculaires F L & G K à la ligne B H juſques au demi cercle en L & K; & aiant fait H I double de G K, & H M double de F L, les jets décriront les demi paraboles G I & F M, comme il a été dit ci-devant. D'où il s'enſuit, que ſi N eſt le centre du demi cercle, le jet qui jaillira par N, ira le plus loin de tous, puiſque la ligne N O qui eſt le demi diamétre, eſt la plus grande de toutes les ordonnées comme G K, F L. Et ſi TAB. XX Fig. 100.

l'on prend des hauteurs égales au-deſſus & au-deſſous de N, les jets tomberont au même point ſur la ligne horiſontale I I.

Si l'on veut ſçavoir, dans un vaiſſeau ou dans un réſervoir A B C D, à quelle hauteur y eſt l'eau, il y faut percer un trou en quelque endroit comme en G, & aiant marqué quelque point I où paſſe le jet, ſoit tirée la ligne I H de niveau par le point I, & par le point G la ligne G H perpendiculaire à I I. Aiant coupé I I en deux également, dont l'une des moitiez ſoit G K, ſoit trouvée la ligne G B troiſième proportionnelle continue après G H & G K; cette ligne G B eſt la hauteur de l'eau dans le réſervoir au-deſſus de l'ouverture G: ce qui n'eſt que la converſe de la précédente propoſition, comme il eſt aiſé de voir, ſi l'on ſuppoſe que la hauteur du réſervoir ſoit H B au-deſſus du plan horiſontal I I, & l'ouverture du jet ſoit en G; car ſelon les élémens de Géométrie, à cauſe du demi cercle, les trois lignes G H, G K, & G B, ſont en proportion continue; ce qui convient à ce que *Galilée* a démontré dans ſa 5e. propoſition du mouvement des corps pouſſés & jettés, où il dit que les moitiez des amplitudes des paraboles des jets ſont moïennes proportionnelles entre la hauteur de la demi parabole, & la hauteur de la liqueur depuis l'ouverture du jet.

CINQUIÈME PARTIE.

DE LA

CONDUITE DES EAUX,

ET DE LA

RÉSISTANCE DES TUYAUX.

PREMIER DISCOURS,

Des Tuyaux de conduite.

TAB. XX Fig. 101

LOrſque la conduite de l'eau qui fournit les jets, paſſe par un long tuyau fort étroit, la viteſſe de l'eau y eſt arrêtée par le frottement; ce dont on a fait l'expérience en cette ſorte:

A B C D eſt un tuyau de 6 pouces de diamétre & de 6 pieds de hauteur; le tuyau C E a 3 pouces de largeur, & le tuyau G F un pouce. On avoit fait aux pouts

points H, I, L, trois ouvertures ; celle qui étoit en H avoit 2 lignes ; celle en I 4 lignes ; & la dernière en L en avoit 8. Dans l'autre branche F G les ouvertures K, N, M, étoient disposées de même selon la grosseur des ouvertures à l'égard de la proximité du tuyau A B C D. Le tuyau A D étant plein, on laissoit aller successivement les 3 ouvertures H, I, L : les autres demeurant toûjours fermées, le jet par L s'élevoit le plus haut ; celui par I ensuite ; & celui par H jailliſſoit le moins haut des trois. De l'autre côté, la grande ouverture M jailliſſoit le moins haut, celle en N un peu plus haut, & la petite K le plus haut des trois. La raison de ces effets ne sera pas difficile à connoître, si l'on considére, qu'il sort beaucoup d'eau par les ouvertures L & M, & que pour l'entretenir il faut que l'eau aille beaucoup plus vîte par le tuyau étroit que par le large ; ce qui y cause un frottement considérable, qui retarde la viteſſe de l'eau, & l'empêche de couler assez vîte pour fournir l'ajutage. Mais dans les ouvertures H & K, comme la viteſſe par les tuyaux est 16 fois moindre que quand l'eau sort par L & M, le frottement dans le tuyau étroit est peu considérable, & ne retarde pas sensiblement le jet K plus que le jet H, & ils montent à peu près aussi-haut l'un que l'autre : il s'ensuit aussi que si l'on diminue les deux trous I & N, par exemple, chacun d'une ligne, alors le jet par I montera moins haut qu'il ne faisoit, & celui par N plus haut ; parce qu'il y aura moins de frottement dans le canal F G qui surpasse le défaut de la réſistance de l'air, & dans le canal C E cette diminution de frottement ne sera pas considérable, mais la réſistance de l'air le sera un peu plus qu'au jet de 4 lignes : c'est ce qui a trompé plusieurs personnes qui ont fait leurs expériences dans des tuyaux étroits, comme F G, & ils ont conclu, aussi-bien que la plûpart des Fonténiers, que l'eau alloit plus haut par des ajutages étroits, que par des larges ; ce qui est contre la raison & l'expérience, sinon quand la conduite est trop étroite.

Il arrive la même chose quand les ajutages sont longs de 6 à 7 pouces, ou même de 2 à 3 : car le jet sera plus haut par une simple ouverture dans la platine qui sera d'une ligne, ou d'une demi ligne d'épaisseur. L'on en fera l'expérience facilement, si l'on a un tuyau de 6 ou 7 pouces de largeur A B C D, & que dans le tuyau E F suffisamment large on ait fait des ouvertures égales en G & en H ; la première aiant un ajutage G I, & l'autre n'aiant que l'épaisseur du métail : car l'on verra que le jet par H ira beaucoup plus haut que par G I, & que plus on diminuera la hauteur de G I, plus son jet approchera de celui par H. D'où il suit que les ajutages longs que l'on met ordinairement à la gueule des dauphins dans les fontaines, sont fort défectueux, & quand même l'ajutage seroit un peu en cône, le jet ne laisse pas d'en être retardé. En voici une expérience : un tuyau de verre d'un pied de hauteur & d'un pouce de largeur, aiant son ouverture de deux lignes & demi, n'a sauté qu'à 10 pouces & ; quand il y avoit un petit cône ; mais l'aiant

TAB. XX. Fig 102.

l'aiant fait fans cône, il a fauté juſques à 11 pouces & ½.

Pour régler la largeur des tuyaux de conduite des eaux ſelon la hauteur des réſervoirs & la grandeur des ajutages, j'ai fait les obſervations ſuivantes:

Il y a à *Chantilly* une conduite de tuyau faite avec des piéces de bois de chene percées; les ouvertures ſont de 5 pouces de diamétre. La hauteur de l'eau du réſervoir eſt à 18 pieds; & la conduite en pente juſques à un canal horiſontale eſt de près de 104 toiſes. Le canal aiant été mis à ſec, on perça un des corps par le deſſus, & on y mit un ajutage de 10 lignes; l'eau étant retenue par en-bas, le jet alla juſques à 15 pieds: ainſi il y avoit quelque petit empêchement dans la longue conduite & dans l'ajutage; car ſuivant les régles il devoit jaillir juſques à 17 pieds à peu près. On mit un autre ajutage à 80 toiſes plus bas dans la même conduite qu'on fit jaillir tout ſeul, & il n'alla qu'à 14 pieds à peu près; ce que l'on peut attribuer au défaut de l'ajutage qui étoit plus mal fait que l'autre. On laiſſa aller enſuite les deux ajutages enſemble, & le jet d'en-haut n'alla qu'à 12 pieds, & l'autre qu'à 11; ce qui fit connoître qu'une conduite de 5 pouces de largeur n'eſt pas ſuffiſante pour un ajutage de 14 ou 15 lignes à cette hauteur de réſervoir, ou pour deux de 10 lignes chacun. On referma les trous, & on laiſſa jaillir le jet ordinaire, qui eſt à côté du canal & élevé de 2 ou 3 pieds plus haut à la même diſtance du réſervoir que le dernier trou; le reſervoir n'avoit que 16 pieds de hauteur à peu près au-deſſus de l'ajutage, qui étoit en cône, & de 12 lignes de diamétre; il jailliſſoit d'environ 14 pieds, au lieu de 15 pieds un peu plus ſelon les régles; ce qui provenoit ſans doute de l'ajutage fait en cône, comme il a été démontré.

J'ai fait d'autres expériences avec le même tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé avec ſon tambour au-deſſus, qui avoit un pied. On y attacha en-bas une conduite horiſontale de meme largeur de 3 pouces, & de 40 pieds de longueur, & l'on mit à l'extrémité un ajutage de 6 lignes, & le jet jaillit auſſi-haut que quand il n'étoit qu'à un pied du tuyau montant: le jet fit auſſi les memes effets, à ſçavoir qu'après avoir jailli d'abord à une certaine hauteur, il diminua peu à peu d'environ un pied, & l'eau étant arrivée au bas du tambour, le jet s'éleva de nouveau, & alla un peu plus haut qu'au commencement: & ainſi une conduite horiſontale de 40 pieds de longueur, & de 3 pouces de largeur, ne diminua point un jet de 6 lignes d'ajutage.

On a trouvé auſſi par expérience qu'un ajutage de 7 lignes n'a point jailli moins haut que celui de 6 lignes à 35 pieds de réſervoir avec une conduite de 3 pouces, & ainſi que le tuyau de 3 pouces pouvoit avoir 52 pieds de hauteur pour un ajutage de 6 lignes. On peut donc prendre pour fondement, qu'un réſervoir de 50 pieds doit avoir un tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre quand l'ajutage eſt de 6 lignes, & que

que le jet montera à toute la hauteur qu'il doit avoir.

Pour comparer la largeur de cette conduite à celle que doivent avoir les réſervoirs, & les largeurs des ajutages, on fera cette régle de proportion:

Comme le nombre des pouces que donnent les jets, eſt
au nombre des pouces d'un autre jet;
ainſi le quarré du diamétre de la conduite du premier, eſt
au quarré du diamétre du tuyau de conduite de l'autre.

Cette régle eſt fondée ſur ce qu'il faut que la viteſſe de l'eau coulante ſoit égale dans les deux conduites, afin qu'il n'y ait pas plus de frottement en l'une qu'en l'autre. Or ſi le nombre des pouces eſt quadruple, il faut que la ſurface du diamétre de la conduite ſoit quatre fois plus grande, afin que la viteſſe dans les tuyaux ſoit égale.

Suivant cette régle, ſi l'on veut ſçavoir quelle largeur de conduite il faut donner pour avoir un jet de 100 pieds par 12 lignes d'ajutage, il faut prendre 52 pieds de hauteur, qui par un ajutage de 6 lignes aiant le tuyau de conduite de 3 pouces de diamétre, donne 8 pouces: & parce que, ſuivant la table des hauteurs des jets, le réſervoir de 100 pieds de jet doit être à 133 pieds $\frac{1}{3}$; on dira que comme 52 eſt à 133, ainſi 64 quarré de 8 eſt à 170: & la racine quarrée de 170 étant 13 à peu près, l'on voit que le réſervoir de 133 pieds par 6 lignes donnera 13 pouces, & par 12 lignes d'ajutage 52 pouces d'eau: donc comme 8 à 52, ainſi 9 quarré de 3, qui eſt le diamétre de la conduite, doit être à 58 $\frac{1}{2}$ dont la racine quarrée eſt 7 $\frac{1}{2}$ à peu près, qui ſera le diamétre de la conduite que l'on cherche; mais pour plus grande ſûreté on peut lui donner 8 pouces.

Lorſque les ajutages ſont inégaux, & les hauteurs des réſervoirs égales, il n'y a qu'à faire les diamétres des conduites en méme raiſon entr'elles, que les diamétres des ajutages: car alors les frottemens ſeront égaux, & l'eau ira plus vîte dans l'un des tuyaux qu'en l'autre. En voici un exemple:

Un tuyau de 13 pieds de hauteur donne 1 pouce par 3 lignes: donc par 6 lignes il donnera 4 pouces; & par conſéquent ſi la conduite demeure de méme largeur, l'eau ira 4 fois plus vîte, & auroit quatre fois autant de frottement: il faut donc pour la faire aller auſſi vîte, que le quarré du diamétre de ſa conduite ſoit quatre fois plus grand; & pour lors la racine de ce quarré ſera à la racine de l'autre comme 6 à 3.

Il arrive un effet aſſez ſurprenant dans la conduite de quelques tuyaux de *Chantilly*. Ces tuyaux, qui ſont de bois, pouſſés & mis l'un dans l'autre, paſſant par un petit étang, & enſuite par un long canal; d'où il arrive que ſi l'on ferme tout à coup l'entrée du réſervoir, & que l'eau ne coule plus dans le tuyau de conduite, ce jet de 14 pieds ne ceſſe pas tout-à-fait, mais il continue à jaillir à plus de deux pieds ſans diſcontinuation. Suppoſant que l'entrée du réſervoir fût bien fermée, l'on pourroit attribuer cet effet à ce que, l'eau s'écoulant avec grande vi-

teſſe, le poids de celle de l'étang & du canal fait un peu entr'ouvrir les corps des tuyaux qui entrent l'un dans l'autre, & il ſe fait une petite aſpiration d'eau, de méme qu'il ſe fait une expiration d'air aſſez ſenſible quand ce tuyau de conduite étant vuide, on y fait entrer tout à coup l'eau du réſervoir: car alors l'air étant preſſé force les tuyaux, & fait un peu de jour entre ceux qui ſont emboités l'un dans l'autre. Or l'aſpiration qui ſe fait d'un peu d'eau de l'étang & du canal, eſt aſſez grande pour fournir ce jet de 2 pieds.

Il arrive encore au méme jet un autre effet extraordinaire, qui eſt, que ſi l'on met la main ſur l'ajutage, & qu'on l'y tienne pendant 10 ou 12 ſecondes, l'eau ne jaillit point d'abord qu'on ôte la main, & commence peu à peu à s'élever à 3 pouces, puis à 1 pied, & enfin à 2 ſucceſſivement dans un tems conſidérable. J'ai vû le méme effet dans une eau qui couloit horiſontalement par un tuyau de cuivre: car l'aiant fermé avec la main dans la penſée que cette eau étant retenue un peu de tems, elle feroit un plus grand effort, & jailliroit plus loin, je fus ſurpris qu'il ne coula pas preſque d'eau d'abord; mais enfin peu à peu elle reprit ſa force ordinaire. Voici comme j'explique cet effet:

Dans le canal de *Chantilly*, qui a une pente très-petite juſques à 80 toiſes du jet, l'eau y couleroit très-lentement ſi elle n'etoit pouſſée par l'eau ſuperieure dont la pente eſt plus roide. Or ſi l'on ſuppoſe que ABCD ſoit la pente roide, & que le canal ne ſoit qu'à demi plein, comme depuis CD juſques à FG; l'eau y coulera aſſez vite, & pouſſera avec la méme impreſſion celle qui eſt en GHDE; & par le mouvement qu'elle aura acquis dans ce chemin, elle ſera portée aſſez vite juſqu'à l'entrée de l'ajutage IL qu'elle remplira entiérement; & étant choquée par celle qui ſuccéde, elle s'élévera juſques à 2 pieds: mais lorſqu'on la retient, on arrête ſon mouvement, & méme elle reflue vers BGD en s'élevant vers le haut du tuyau proche de C; ce qui fait que cette eau étant dans ſon mouvement, & ſa moindre hauteur en B étant moindre que la hauteur du point L, elle ne peut faire d'effort pour couler ou pour jaillir, qu'après que le mouvement commence à ſe faire enſuite du premier écoulement qui eſt très-lent.

TAB. XX. Fig. 103.

Il faut éviter de faire les tuyaux de conduite coudés à angles droits: car l'eau dans ſon mouvement heurtant contre la partie du tuyau qui lui eſt oppoſée, le met en danger de créver, & elle eſt retardée conſidérablement par cette rencontre.

Si l'on veut que l'eau jailliſſante conſerve ſa force par pluſieurs années, il faut tenir les conduites un peu plus larges que ſelon le calcul qui en a été fait: car il s'y amaſſe de la bouë & des ordures qui retardent un peu l'écoulement; & méme il y a des eaux qui emportent avec elles des atomes pierreux, qui venant à s'attacher enſemble, forment des pierres qui bouchent la conduite. J'en ai fait l'obſervation dans l'aqueduc d'*Arcueil*, & l'on voit proche de l'Obſervatoire

voire dans le grand regard où ſe fait la ſéparation des eaux, un baſſin qui à un gros jet au milieu d'un demi pied de hauteur : la circonférence de ce baſſin eſt de cuivre, où l'on a fait pluſieurs ouvertures circulaires d'un pouce de diamétre pour faire connoître la quantité d'eau qu'il y a dans l'aqueduc : mais peu à peu il s'eſt amaſſé dans ces ouvertures une matière pierreuſe, qui les a enfin bouchées entièrement ſans que l'eau y puiſſe plus paſſer ; ce qui eſt aſſez ſurprenant, car il ſemble que l'eau coulante devroit emporter les ordures qui s'y pourroient amaſſer. Cela ſe fait de la même manière qu'il s'amaſſe de la neige à côté ou ſur les branches des buiſſons quand il fait brouillard pendant un grand froid : car le vent portant de petites parcelles ou atomes de vapeurs glacées, les introduit dans quelques pores de ces branches ; & les premières retiennent & accrochent celles qui ſuivent ; & enfin il s'y en fait un amas de 2 ou 3 pouces de hauteur. De même l'eau chariant de petits atomes de pierre dont elle ſe charge en paſſant par les terres, en fiche quelques-uns dans les pores du métail, & un autre qui ſuit, ſe joint au premier ſelon ſa diſpoſition & ſa figure. Il en paſſe beaucoup qui ne s'y attachent pas : mais par une ſuite d'années il s'y en amaſſe enfin aſſez pour boucher entièrement les ouvertures ; comme ſi c'étoit une ſeule pierre aſſez dure, en ſorte que l'on eſt obligé tous les 50 ans environ de relever tous les tuyaux & de les refaire à neuf.

Lorſque la conduite de l'eau dans un tuyau large ſe ſubdiviſe en pluſieurs conduites pour faire pluſieurs jets, il faut conſidérer tous les pouces d'eau que doivent donner enſemble tous ces jets pour déterminer la largeur du grand tuyau de conduite, & il les faut réduire enſuite par le calcul à une ſeule ouverture de jet.

EXEMPLE.

LA principale conduite d'une eau ſe diviſe en ſix tuyaux, dont il y en a deux qui ont chacun 3 lignes de diamétre d'ajutage, deux autres qui en ont chacun 5, un qui en a 6, & un autre qui en a 8 ; la hauteur du réſervoir eſt ſuppoſée à 52 pieds. Donc, ſi les conduites ſont ſuffiſamment larges, & qu'il y ait aſſez d'eau dans le réſervoir pour fournir à toute la dépenſe ; les ajutages de 3 lignes donneront 2 pouces chacun ſelon les regles & les tables qu'on a données ci-deſſus ; ceux de 5 lignes donneront chacun 5 pouces $\frac{1}{2}$; celui de 6 lignes donnera 8 pouces ; celui de 8 lignes donnera 14 pouces & $\frac{1}{2}$: la ſomme de la dépenſe d'eau de tous ces jets ſera donc de 37 pouces $\frac{1}{2}$. C'eſt pourquoi, ſuivant la régle précédente, pour 52 pieds de hauteur de réſervoir le diamétre de l'ajutage doit être au diamétre du tuyau de conduite comme 6 lignes à 3 pouces, ou bien comme 1 à 6 qui eſt la même raiſon.

Mais comme dans cet exemple, nous n'avons que la dépenſe de l'eau qui eſt de 37 pouces & $\frac{1}{2}$ à la hauteur de 52 pieds de réſervoir ; il faut

chercher quel ſeroit le diamétre de l'ajutage qui fourniroit cette quantité d'eau; ce qui ſe fait par la régie de la meſure des eaux jailliſſantes de la ſeconde Partie; & l'on trouve 13 lignes à très-peu près. On fera donc comme 1 eſt à 6, ainſi 13 à 78 lignes de diamétre du tuyau de conduite de toute l'eau, ou bien 6 pouces ½: & chacune des conduites pour 3 lignes de diamétre d'ajutage auront 1 pouce ½ de largeur; car par la régle précédente les diamétres des tuyaux de conduite ſont entr'eux en meme raiſon que les diamétres des ajutages, la hauteur du réſervoir étant la même: chacune de celles qui portent des ajutages de 5 lignes, auront 2 pouces ½: pour celles de l'ajutage de 6 lignes, elle aura 3 pouces de diamétre; & celle de 8 lignes aura 4 pouces. Et ſi l'eau du réſervoir peut donner ou fournir 37 pouces, ces jets iront continuellement. On remarquera que le jet de 8 lignes d'ajutage ira le plus haut de tous: & pour ſçavoir ſa hauteur, on trouvera dans la table de la 2e. régle du premier Diſcours de la quatrième Partie, qu'un jet de 50 pieds doit avoir pour la hauteur de ſon réſervoir 58 pieds 4 pouces; c'eſt pourquoi le jet eſt entre 45 & 50 pieds & fort proche de 45: & ſi l'on fait le calcul par la régle pour le jet de 46 pieds de hauteur, on trouvera 52 pieds ½ pouce pour la hauteur du réſervoir; d'où l'on peut conclure que le jet n'arrivera pas tout-à-fait à 46 pieds, quoique le réſervoir ſoit de 52 pieds de hauteur.

SECOND DISCOURS,

De la force des Tuyaux de conduite, & de l'épaiſſeur qu'ils doivent avoir ſuivant leur matière & la hauteur des réſervoirs.

LOrſque les réſervoirs ſont fort élevés, ou qu'on fait une conduite d'eau depuis quelque lieu fort haut, les tuyaux de conduite ſont ſouvent en danger de ſe rompre, principalement ſi la conduite ſe fait par des vallées profondes; & ce ſeroit une choſe très-fâcheuſe, ſi après avoir fait beaucoup de dépenſe, quelques tuyaux venoient à créver, ſoit par le défaut de la ſoudure ou de la foibleſſe des tuyaux: il faut auſſi éviter d'emploïer trop de plomb ou de cuivre pour donner de grandes épaiſſeurs aux tuyaux lorſque des épaiſſeurs médiocres ſuffiſent. Voici ce qu'on pourra obſerver ſur cette matière:

Les corps ſolides & fermes réſiſtent à être rompus par les petits liens & embaras de leurs particules qui ſont entrelacées les unes dans les autres: il y a des matières faciles à rompre, comme la glace; d'autres qui ſe rompent difficilement, comme le fer, le marbre, &c.

On appelle la réſiſtance abſolue d'un ſolide à être rompu, lorſqu'on le

le tire pour le déchirer ou rompre: ainſi ſi l'on ſuſpend un cylindre de bois A B par des cordes à une poutre par le moïen d'une groſſe tête A, & qu'on attache vers ſa baſe B des cordes qui ſuſpendent un poids C de 1000 livres, qui puiſſe rompre ce cylindre vers D ou plus haut ou plus bas en détachant & ſéparant ſes parties entrelacées; on dira que ſa réſiſtance abſolue eſt de 1000 livres. Par la même manière on ſçaura la réſiſtance abſolue d'une petite bande de papier, ſi l'on fait deux anneaux aux extrémitez en repliant les bouts & les collant à la bande, & paſſant dans ces anneaux vers I & L deux bâtons G H, M N: car aiant ſuſpendu au bâton M N le poids O par les cordelettes K & Z, ſi cette bandelette ſe rompt comme en P par ce poids préciſément lorſqu'il ſera de 4 livres, on dira que la réſiſtance abſolue de cette bandelette eſt de 4 livres. TAB. XX. Fig. 104. TAB. XX. Fig. 105.

Galilée a fait un Traité de la réſiſtance des ſolides, où il donne la même définition de la réſiſtance abſolue, & il explique à ſa manière la force que doit avoir un poids lorſqu'il eſt ſuſpendu à l'extrémité d'un ſolide fiché dans un mur. Comme ſi le mur eſt A B & le ſolide C D E F, & que le poids G ſoit ſuſpendu en F par la corde F G, il dit que la longueur F D eſt comme le bras d'un levier, & que l'épaiſſeur C D eſt comme le contre-levier, en ſorte que ſi on vouloit ſéparer une partie qui eſt en C, & que ſa réſiſtance abſolue fût de 10 livres, il faudroit que le poids G fût ſeulement de 2 livres, ſi la longueur F D étoit 5 fois plus grande que D C. Mais en conſidérant une autre partie comme I également diſtante de C & D, il ne faudroit qu'une livre en G, parce que le levier F D ſeroit alors 10 fois plus grand que le contre-levier D I. Et parce qu'il ſuppoſe que la rupture ſe fait en meme tems dans toutes les parties de C D, dont les unes ſont entre D & I & les autres entre I & C, il prétend qu'il faut conſidérer l'augmentation de la force du poids ſelon la raiſon de F D à la moïenne diſtance D I; ce qui pourtant répugne à pluſieurs expériences que j'ai faites avec des ſolides de bois & de verre, où j'ai trouvé qu'il faloit prendre la raiſon de F D à une ligne moindre que D I, comme le quart de D C ou le tiers &c. & non de F D à la moitié de D C. Pour trouver cette proportion & refuter celle de *Galilée*, je fais les raiſonnemens qui ſuivent: TAB. XX. Fig. 105.

Je ſuppoſe premièrement, que le bois, le fer, & les autres corps ſolides ont des fibres & des parties rameuſes entrelacées les unes dans les autres, & qui ne peuvent ſe ſéparer que par une certaine force, & qu'elles font toutes enſemble la fermeté & réſiſtance de ces corps à être rompus quand on les tire perpendiculairement de haut en bas ſelon leur longueur.

2. Que ces parties peuvent s'étendre plus ou moins par de différens poids: & qu'enfin il y a une extenſion qu'elles ne peuvent ſouffrir ſans ſe rompre, en ſorte, que s'il faut qu'un ſolide de bois ſoit étendu de deux lignes pour être rompu, & qu'un poids de 500 livres puiſſe faire

Digitized by Google

cette extenſion; un poids de 125 livres ne le fera étendre que d'environ une demi ligne; un de 250 livres, que d'environ une ligne &c; & qu'ainſi chaque extenſion ſera équilibre avec un certain poids.

TAB. XX. Fig. 107. Cela étant ſuppoſé, ſoit conſidérée la balance A C B tournant ſur l'appui C, chargée a ſon extrémité B d'un poids F faiſant équilibre avec les 3 poids égaux, G, H, I. La diſtance B C eſt à C E comme 12 à 1. C D eſt double de C E, & C A double de C D. Or ſi le poids G eſt de 12 livres, il faudra un poids en F de 4 livres pour le ſoûtenir, puiſque la diſtance B C eſt triple de C A; il ne faudra que 2 livres en F pour ſoûtenir le poids H, & une livre ſeulement pour ſoûtenir le poids I: & par ce moïen un poids de 7 livres en F ſera équilibre avec ces 3 poids chacun de 12 livres en G, H, & I. Si donc on ajoûte un petit poids en F, les 3 poids s'éléveront; & quoiqu'ils s'élévent inégalement, chacun agira par une peſanteur de 12 livres ſelon leur diſtance du poids C: mais il n'en eſt pas de même des parties d'un ſolide qui ſe rompt tranſverſalement, & pour le faire voir:

TAB. XX. Fig. 108. Suppoſons que F C ſoit de 12 pieds, C A de quatre, C E de 2, & C B d'un pied; & que le ſolide A D C N ſoit joint au ſolide A C P Q inébranlable, par les 3 cordelettes égales & également fortes D I, G L, H M, un peu tendues, qui paſſent au travers des petits trous dans le ſolide A C P Q, & nouées par-deſſus l'autre, comme on le voit en la figure. Soit encore ſuppoſé qu'afin que chaque cordelette ſoit prête à ſe rompre, il faille qu'elle ſoit étendue de 2 lignes plus qu'elle n'eſt; & qu'un poids R ſuſpendu en F de 4 livres, puiſſe être aſſez fort pour réduire la cordelette I D à cette extenſion de 2 lignes; & qu'y ajoûtant un très-petit poids, elle doive ſe rompre: il eſt évident qu'il faudra deux livres en R pour étendre de 2 lignes la cordelette L G étant ſeule, & une livre ſeulement pour étendre de même la cordelette H M, ſi le centre du mouvement eſt en C. Mais parce que lorſque la cordelette D I eſt étendue de 2 lignes, la cordelette G L n'eſt étendue que d'une ligne, & la cordelette H M d'une demi ligne, quand on les tire toutes enſemble; il s'enſuit par la 2e. Suppoſition, qu'un poids d'environ une livre ſera alors équilibre avec la tenſion de la cordelette G L qui n'eſt que d'une ligne, & qu'il ne faudra que 4 onces pour faire équilibre avec la tenſion de la cordelette H M, quoique la réſiſtance totale de cette dernière ſoit d'une livre; & par conſéquent pour réduire les trois cordelettes en cet état, il ſuffira que le poids R ſoit de 5 livres $\frac{1}{2}$, & que ſi on y ajoûte un très-petit poids, la cordelette D I ſe rompra & preſque en un même moment les deux autres, parce qu'elles réſiſtent beaucoup moins que les trois enſemble.

TAB. XX. Fig. 109. Appliquons maintenant ces raiſonnemens au ſolide A B C D fiché perpendiculairement dans le mur E A D O, & ſuppoſons que ſi on le tiroit de haut en bas perpendiculairement, il falut 600 livres pour le rompre: je dis que ſi A D eſt diviſé en trois parties égales par les points G & H

G & H, & que CD ſoit à DH comme 60 à l'unité, il ſuffira que le poids L ſoit de 10 livres pour rompre le ſolide; au lieu que ſelon *Galilée* il faudroit qu'il fût de 15 livres, puiſque CD eſt à DI moitié de DA comme 60 à un & demi ou 40 à l'unité, & que 600 eſt le produit de 15 par 40.

Pour prouver cette propoſition, ſuppoſons, comme il a été expliqué ci-devant, que la fibre vers A ſe doive étendre de 16 parties très-petites pour être rompue, & qu'il faille une pareille extenſion pour rompre les fibres vers G, I, & H: il eſt évident que ces dernières ne réſiſteront pas de toute leur force pour empêcher la rupture de la fibre vers A, & que ſi elles réſiſtent à proportion de leur diſtance du point D, & s'il faut 16 livres en L pour rompre la fibre en A, il en faudroit ſeulement 12 pour rompre la fibre en G, 8 pour rompre la fibre en I, & 4 pour rompre la fibre en H. Mais parce que quand la fibre en A ſe rompt, la fibre en G ne ſera étendue que de 12 parties, celle en I que de 8, & celle en H que de 4, cela fait encore une autre raiſon ſemblable au lieu de 12 livres pour rompre la fibre vers G, il ne faudra que 9 livres, ſçavoir les ¾ de 12, & 4 livres pour rompre la fibre vers H. Or 12 eſt moïen proportionnel entre 16 & 9, & 4 entre 16 & 1: & par conſéquent ces nombres 1, 4, 9, 16, étant quarrez; ſi l'on conçoit que la longueur AD ſoit diviſée à l'infini, les réſiſtances de toutes les fibres ſeront en la proportion des quarrez de ſuite depuis l'unité. Mais ſi on prend tels nombres de quarrez qu'on voudra de ſuite commençant à l'unité, trois fois leur ſomme moins le nombre triangulaire, qui correſpond au dernier terme de la progreſſion, ſera égal au produit du plus grand quarré par le nombre de la progreſſion commençant à zero; & ce nombre triangle excédant ſera à ce dernier produit ſelon la progreſſion à l'infini ½, ¼, ⅛, 1/16, &c. Donc cet excès à l'infini ſera comme rien, & par conſéquent tous les quarrez à l'infini ne feront enſemble que le tiers d'autant de quarrez égaux au plus grand en y ajoûtant un pour le premier terme zero de la progreſſion, de même que ſi l'on prend une progreſſion de ſuite, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, &c. la ſomme de tous ces nombres eſt la moitié du produit du plus grand par le nombre des termes de la progreſſion.

Pour prouver par induction cette propriété des quarrez de ſuite, prenons l'unité, qui eſt le premier quarré; le triple de l'unité eſt 3; l'unité multipliée par les nombres des termes de la progreſſion, 0, 1, eſt 2, qui eſt moindre que 3 du premier nombre triangulaire 1 qui eſt ½ du nombre 2; 1 & 4 enſemble ſont 5; trois fois 5 eſt 15; le produit par la progreſſion 0, 1, 2, eſt 12 moindre que 15 de 3 qui eſt le ſecond nombre triangulaire & qui eſt ⅘ de 12; 55 eſt la ſomme des 5 premiers quarrez; 3 fois 55 eſt 165; le plus grand quarré 25 multiplié par les 6 termes de la progreſſion 0, 1, 2, 3, 4, 5, eſt 150 moindre que 165 de 15 qui eſt 1/11 de 150.

Pour

TAB. XX. Fig. 110.

Pour ſçavoir ſi l'expérience ſeroit conforme à ce raiſonnement, je fis tourner au Tour deux morceaux de bois fort ſec. L'un d'eux, repréſenté par AB, avoit à ſes extrémitez deux petites boules, & le reſte CD étoit uniformément épais de trois lignes : l'autre EF étoit en toute ſa longueur épais de 3 lignes. Je mis le bout de ce dernier juſques au point G dans un petit trou fait dans une poutre, & il le rempliſſoit exactement ; & j'attachai à l'autre bout un poids de ſix livres en F. La diſtance GF étoit de 4 pouces ou 48 lignes, & par conſéquent elle étoit 48 fois plus grande que le tiers de l'épaiſſeur du bâton cylindrique GF, puiſque ce tiers n'étoit que d'une ligne ; & ſelon *Galilée* la proportion du poids étoit augmentée 32 fois : mais le bâton ſe courba un peu, & la diſtance ne fut plus que comme 30 à 1 à peu près, & le poids I de ſix livres ſuſpendu au point F fit rompre le baton au point G. Or ſi la force de ce poids n'eût été augmentée que de 30 fois, il ne devoit faire qu'un effort de 180 livres, qui eſt le produit de 30 par 6. Je ſuſpendis enſuite le bâton AB, par quatre cordelettes attachées à une petite corde qui faiſoit deux tours autour du col D, & étoit retenue par la boule BD, & j'accommodai de même quatre autres cordelettes à la boule CA pour ſuſpendre un poids de 180 livres qui devoit rompre le bâton AB le tirant en bas perpendiculairement, ſi la régle de *Galilée* eût été véritable ; mais il ne ſe rompit pas. L'expérience ſe fit en preſence de Mrs. de *Carcavy*, de *Roberval*, & *Huygens*. Je fis ajoûter des poids de 10 ou 12 livres les uns après les autres ; & enfin quand il y en eût en tout environ 330 livres, il ſe rompit au point II. Or ſi l'on prend la proportion de 47 à 1 (qui eſt le tiers de l'épaiſſeur) à cauſe que le bâton ſe courba un peu avant que de ſe rompre, le produit de 47 par 6 eſt 282 au lieu de 330. Mais il y a apparence que ſi on y eût ſeulement mis 300 livres, & qu'on les y eut laiſſées quelque tems comme on laiſſa les 6 livres en I ; il ſe fût rompu de même. Mais enfin la proportion fut beaucoup plus grande que de 30 à 1, & il ne manqua qu'environ ; qu'elle ne fut comme 47 à 1 ; ce qui put arriver à cauſe que le bâton GF étoit peut-être plus foible vers le point G ou un peu plus épais. On recommença l'expérience en laiſſant une grande épaiſſeur aux deux bouts du bâton EF, laiſſant ſeulement deux pouces de G vers F afin que cette partie ſe courbât fort peu. Je me ſervis enſuite de quelques canons de verre ſolide de ½ de ligne d'épaiſſeur, & je trouvois toûjours à peu près qu'il faloit prendre la proportion de la longueur du cylindre de verre au tiers de ſon épaiſſeur : & dans une experience où, ſelon *Galilée*, il n'eût falu que 30 livres pour rompre la petite verge de verre ſituée perpendiculairement de haut en bas, il y en falut ſuſpendre 50 ; le Sieur *Hubin* ajuſtoit de petites boules de verre aux deux bouts du cylindre pour le ſuſpendre.

On peut objecter que dans le bois ou le verre ou les métaux, il n'y

a rien qui s'étende avant la fraction. Je demeure d'accord que l'extenſion du verre n'eſt pas ſenſible: mais celle des métaux ſe reconnoît aiſément, en ce que les cordes de claveſſin, de quelque métail qu'elles ſoient, s'étendent ſenſiblement; d'où il s'enſuit qu'un cylindre d'un pouce d'épaiſſeur doit s'étendre auſſi, mais il faudroit un poids de plus de 2000 livres pour l'étendre ſenſiblement; car puiſqu'une boule de verre & d'acier s'enfonce par le choc, & ſe remet en ſa première figure, elle peut auſſi s'étendre. Si on laiſſe tomber un cylindre de bois ſec d'un pouce d'épaiſſeur ſur une pierre platte, il rebondit, & par conſéquent il a reſſort, & ſes parties ſouffrent extenſion & preſſement; & parce que l'expérience fait voir qu'un petit bâton qu'on plie pour le rompre, ſe reſſerrant vers la concavité de ſa courbure, s'étend néceſſairement vers la convexité avant que de ſe rompre; de-là on peut conclure qu'il faut un effort pour faire la compreſſion vers la concavité.

Cela étant ſuppoſé, ſi ABCD eſt un bâton quarré fiché dans un mur, on peut concevoir que depuis D juſqu'à I, qui eſt la moitié de l'épaiſſeur AD, les parties ſe preſſent par le poids L; celle qui ſont proches de D, davantage que celles vers I; & que depuis I juſques à A elles s'étendent, comme il a été expliqué; & l'on pourra appliquer le même raiſonnement des cordelettes à la partie IA: d'où il s'enſuivra que comme la longueur IF eſt au tiers de l'épaiſſeur IA, ainſi ſera augmentée la force du poids L pour rompre le ſolide. Et comme il faut plus de force pour preſſer les parties vers D que vers H, ſi on ſuppoſe que cette force diminue ſelon la ſuite des nombres juſques à l'unité, il faudra encore la même proportion de la longueur IF au tiers de la largeur DI pour faire ce preſſement. Et comme il eſt très-vrai-ſemblable que ces preſſemens réſiſtent autant que les extenſions, & qu'il faut un même poids pour les faire; ces extenſions & ces compreſſions partageront la force du poids L: ajoûtant le tiers de l'épaiſſeur IA au tiers de l'épaiſſeur ID, le tout ſera égal au tiers de toute l'épaiſſeur AD; d'où il s'enſuivra la même choſe que ſi toutes les parties s'étendoient. Donc pour réduire l'extenſion vers le point A à la rupture, il faut que le poids L ſoit un peu plus de 10 livres pour rompre le ſolide ABCD, ſi la longueur CD eſt au tiers de l'épaiſſeur AD, comme 1 à 30, & qu'il faille un peu plus de 300 livres pour le rompre en le tirant de bas en haut: car la même choſe doit arriver pour l'effort du poids, que ſi les parties entre ID s'étendoient comme les ſupérieures. TAB. XX. Fig. III.

J'ai expérimenté, avec le Sieur *Hubin*, qu'un fil de verre d'un quart de ligne d'épaiſſeur & long de 4 pieds, s'étendoit de $\frac{1}{10}$ de ligne ſans ſe rompre, & en le laiſſant retourner de lui-même, il reprenoit ſa première extenſion. On en fit étendre trois de même groſſeur, qui ſe rompirent étant étendus juſqu'à une ligne & demi. Pour le connoître, il y avoit aux deux bouts de chaque fil une boule de verre de 2 ou 3 lignes. On engageoit une de ces boules entre deux cloux à crochet enfon-

foncés vers l'extrémité d'une table juſques à leur moitié, en ſorte qu'en les pouſſant très-fort, on ne les faiſoit point branler ſenſiblement; & par conſéquent le gros bout du filet, étant bien engagé par le bas des cloux, ne ſe pouvoit approcher vers l'autre bout de la table. Il y avoit 3 petits trous d'épingle pour faire diſcerner l'allongement. Le fil portoit ſur la table en ſa longueur; mais en le tirant médiocrement il n'y portoit plus. Le gros bout qu'on tiroit, touchoit la table; on remarquoit qu'il touchoit par ſon extrémité le premier trou d'épingle en le tirant avec la main médiocrement; & en le tirant plus fort, il alloit juſqu'au 2e. trou; & en le tirant encore plus, il alloit juſques au 3e.; & en relachant un peu de l'effort, il revenoit au 2e. ou au 1r. trou. Pour bien faire il eût fallu qu'un des bouts eût été pouſſé à force en tournant dans un trou d'un morceau de fer, & que l'autre eût été attaché à 2 ou trois petites cordelettes, qui étant jointes enſemble n'en euſſent fait qu'une, qu'on auroit entortillée autour d'une cheville d'un luth ou d'un autre inſtrument pour étendre le filet en tournant peu à peu. On auroit fait des marques pour connoître l'allongement, & même on pourroit faire ſonner le fil de verre comme une corde d'épinette.

Cela étant ſuppoſé, voici les expériences que j'ai faites pour la réſiſtance des ſolides; ces régles peuvent beaucoup ſervir aux Architectes pour les poutres, pour les ſaillies, &c.

Un canon de verre de $\frac{1}{4}$ de ligne d'épaiſſeur s'eſt rompu par ſon propre poids à 6 pieds de ſaillie.

Un cylindre de marbre noir de 5 lignes de diamétre a ſoûtenu horiſontalement 190 livres, c'eſt-à-dire, 10 $\frac{1}{2}$ à 48 lignes de diſtance. Le quarré de $\frac{1}{4}$ eſt $\frac{1}{16}$: ſon produit par un pied de longueur ou 144 lignes eſt $\frac{144}{16}$ ou 400 lignes, dont 6 péſeront 2400 lignes cubiques. Comme 14 à 11, ainſi 2400 à 1886 lignes; & parce qu'un pouce cubique ou 1728 lignes péſent 2 onces 1 gros, 1886 lignes péſeroient environ 2 onces 3 gros.

La moitié de la longueur de 6 pieds eſt 36 pouces ou 432 lignes. Comme le tiers de $\frac{1}{4}$ de ligne, ſçavoir $\frac{1}{12}$, eſt à 432, ainſi 2 onces $\frac{1}{2}$ à 1814, qui diviſés par 16 onces donnent 113 livres 6 onces, qui ſeroit le poids que ſupporteroit perpendiculairement ce cylindre de verre de $\frac{1}{4}$ de ligne.

Une verge de verre d'une ligne $\frac{1}{4}$ d'épaiſſeur & longue de 11 pouces, étant poſée ſur deux régles diſtantes de 9 pouces l'une de l'autre & larges & épaiſſes d'un pouce, & étant chargée à ſon milieu d'une livre $\frac{1}{2}$ miſe dans un godet de fer blanc ſuſpendu par une cordelette, s'eſt rompue dans le milieu. Une ſemblable verge poſée de même, mais ſerrée par ſes deux bouts entre les deux régles, & deux petits morceaux de bois plats de même largeur que les régles, s'eſt rompue par trois livres & une once, ſuſpendues à ſon milieu: la rupture s'eſt faite aux deux bouts joignant les régles, & même l'un des bouts a été rompu à 3 lignes

gnes en dedans plus loin que l'appui. Ainſi on peut prendre pour régle, que les deux extrémitez proches de l'appui ſe rompent en ce dernier cas; par conſequent il faut deux fois autant de force que quand les extrémitez ſont libres & qu'elle ſe rompt au milieu.

Une ſemblable verge poſée en ſon milieu ſur le trenchant d'un couteau, (on avoit mis de la cire d'Eſpagne vers les bouts pour empêcher de couler les cordelettes qui ſoûtenoient les poids & pour marquer leur diſtance qui étoit de 2 pouces) il n'a falu qu'une livre & demi & environ 3 onces pour la rompre, c'eſt-à-dire, qu'on avoit mis dans deux godets ces poids, ſçavoir en chacun une livre moins 2 onces & demi: elle s'eſt rompue à trois lignes du couteau; il y avoit une marque blanche pour marquer le milieu de la verge.

Une lame d'épée poſée par le bout dans un trou obliquement de bas en haut a ſupporté 68 livres; & une petite lame de fer blanc en a ſupporté 80.

Il eſt manifeſte que ſi un ſolide A B ſe rompt par un poids L ſuſpendu à ſon milieu E, étant appuïé par les extrémitez ſur les 2 régles G & F, il doit ſe rompre de même, ſi l'appui eſt en E & les deux puiſſances en A & B égales entr'elles & enſemble à la force du poids L, puiſque c'eſt toûjours le même effort qui ſe fait en E. *Galilée* a démontré que le même poids qui rompt en E, rompra le ſolide de même épaiſſeur fiché dans un mur juſques au point A, ſi la longueur eſt égale à A E. D'où il s'enſuit ce que j'ai trouvé par expérience, ſçavoir qu'un verre plat A B de 12 pouces de longueur poſé & appuïé par ſes extrémitez & portant à faux de 9 pouces, s'étant rompu par le poids d'une livre 10 onces & 5 gros, s'eſt rompu par 3 livres 5 onces 4 gros, lorſque ſes extrémitez furent ſerrées entre les appuis & des bois plats par des cordelettes, parce qu'alors ils doivent ſe rompre en A & B joignant les appuis; & parce que les deux réſiſtoient par leurs deux extrémitez deux fois autant que le ſeul E A en ſon extrémité A, il y falut mettre le double de poids en L. TAB. XXI. Fig. 112.

Le même Auteur a encore démontré, que ſi les appuis ſont en double diſtance, la moitié du poids qui étoit en E, ſuffira pour rompre le ſolide: dont la raiſon eſt, que le levier devient 2 fois plus long, & le poids par conſéquent a 2 fois plus de force, le contre-levier ne changeant point. Mais ſi le ſolide eſt 2 fois plus épais, il faudra quadrupler le poids, parce que d'un côté il y a 2 fois plus de parties à détacher, & auſſi la force du levier diminue de moitié; ce qui fait que le poids doit être quadruple, & généralement les poids doivent être en raiſon doublée des épaiſſeurs.

De-là on réſoud un Théorême fort ſurprenant, ſçavoir: que ſi on a un quarré plat, de bois ou de verre ou d'autre matière fragile, poſé ſur un quadre, en ſorte que ſes extrémitez y ſoient ſerrées fortement, comme on ſerre les quarrez de verre ſur un quadre de chaſſis; le même

poids distribué dans toute son étenduë qui le rompra, rompra tout autre quarré de même épaisseur de quelque largeur qu'il soit.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXI. Fig. 113. ABCD est le quadre qui tient serré le quarré de verre. EF est un autre quadre plus petit, tenant serré un autre quarré de verre de même épaisseur: je dis qu'il soûtiendra un même poids distribué. Car soit une petite bande QII posée sur le petit quarré, & pour la facilité de la démonstration soit la bande IL en l'autre quadre double en longueur de QII, & de même largeur & épaisseur. Il est évident par ce qu'en a démontré *Galilée*, que si on met un poids au milieu de QH précisément suffisant pour le rompre, la moitié de ce poids posé au milieu de IL, la rompra. Mais si on double la largeur de IL, & que la bande soit MNKS, il faudra le poids entier pour le rompre : car le levier demeurera le même, mais il y aura 2 fois autant de parties à détacher; & si l'on distribue le 1e. poids le long de QH, il le faudra doubler pour rompre la bande QH, comme il a été prouvé par le même Auteur. Donc il faudra aussi doubler le poids pour rompre MS double de IL. Mais si l'on ajoûte en croix une autre bande OP dans le petit quadre, il faudra doubler le poids; ce que j'ai confirmé par expérience: car une simple bande s'étant rompue par 2 livres & demi un peu moins, étant en croix il falut 4 livres 11 onces un peu plus, qui est un peu moins que le double; ce qui peut proceder de ce que le quarré du milieu n'étoit pas double. Si donc on met une autre bande en croix GR de même largeur que IN, elle portera le même poids que la croix POQIH; & si on continue de faire plus larges ces croix selon les mêmes proportions, celle de la grande supportera toûjours un même poids distribué; & enfin on peut continuer jusques à ce qu'il ne reste que quatre quarrez très-petits aux angles de chaque quadre. D'où l'on doit conclure, que si on achéve ces deux quadres, le même effet suivra toûjours & de même dans toutes les autres proportions : car si le quarré du milieu du petit fait que la croix ne porte pas un poids double de celui que porte la bande, aussi le quarré du grand fera le même effet.

Ces régles servent pour les solides dont les matières sont fragiles, comme le bois sec, le verre, le marbe, l'acier, &c.

Mais pour les matières souples & pliantes qui se rompent par la seule traction, comme le papier, le fer blanc, les cordes, &c; il faut d'autres régles, dont voici les principales.

REGLE

RÉGLE

Pour les ſolides qui ſont ſouples.

LEs bandes de papier, de fer blanc, & d'autre matière ſemblable, ſe rompent également, ſoit qu'elles ſoient longues ou courtes.

EXPLICATION.

BC eſt une bande de papier, colée; ou de fer blanc, clouée ſur les deux appuis EG, FH; & n'étant point portée dans la longueur CB. On met un petit bâton IL au milieu ſur la bande, & on y attache aux extrémitez qui paſſent un peu au-delà du papier, des cordelettes pour porter le poids P; car ſi l'on mettoit une cordelette ſur la bande de papier, elle la pliſſeroit ou la couperoit. La bande étant de papier de 6 lignes de largeur s'eſt rompue par le poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 114.

Une ſemblable bande ſe rompoit de même lorſque les appuis étoient moins éloignés de moitié; & lorſqu'étant entortillée par les extrémitez autour de deux petits cylindres GH, MN, on attachoit un poids au cylindre d'en-bas par le moïen de 2 cordelettes, comme on le voit en cette figure; la bande ſe rompoit auſſi par un poids de 4 livres. TAB. XXI. Fig. 115.

Quelques-uns objectent que les cordes KZ portent une partie du poids, & que ſa peſanteur n'eſt pas emploïée à rompre la bande IL. Mais il eſt évident que la bande porte tout ce qui eſt au-deſſous d'elle, ſoit que les cordes s'étendent ou non; & pour le prouver, j'ai fait l'expérience ſuivante:

Un fil de cuivre tourné en vis, ſoûtenu par la main en A, & aiant le poids C ſuſpendu au bout B, s'étendoit d'une certaine manière par ce poids plus ou moins ſelon qu'il étoit plus ou moins peſant: mais toutes les diſtances des ſpires étoient parfaitement égales, & lorſqu'on tenoit à la main l'endroit D, les diſtances demeuroient les mêmes ſans aucun changement; ce qui faiſoit connoître manifeſtement que l'extenſion des ſpires ſupérieures, lorſque la ſuſpenſion étoit en A, n'amoindriſſoit de rien la force du poids à l'égard des ſpires inférieures. La même choſe arrive à une corde longue qui ſupporte un poids: car toutes les parties en ſouffrent la même extenſion ſans que les ſupérieures diminuent l'extenſion des inférieures, ni les inférieures celle des ſupérieures; & une longue corde & une courte ſupportent toûjours le même poids, ſi ce n'eſt qu'il arrive que dans une longue corde il ſe peut trouver quelque défaut où elle ſe rompra plûtôt qu'en une moindre. TAB. XXI. Fig. 116.

La même choſe arrive à des bandes de fer blanc: car en une longue il y aura peut-être un défaut qui ne ſera pas en une courte; & ſi l'on

Digitized by Google

en avoit pris là partie qui ne s'eſt pas rompue, elle ſupporteroit un plus grand poids, parce que le défaut en ſeroit ôté. J'en ai fait pluſieurs expériences.

Une bande de fer blanc de 3 lignes ½ de largeur a ſupporté 100 livres ſans ſe rompre, & s'eſt rompue par 130 ou 128; & étant tirée de bas en haut, elle ne s'eſt pas rompue à 120 livres, mais elle s'eſt rompue à 123 par un endroit où il y avoit quelque paille: on jugera qu'elle auroit ſupporté davantage ſi on l'eût tirée bien droit & qu'il n'y eût point eu de défaut.

Une bande de fer blanc de 4 lignes ½ de largeur portant à faux de 5 pouces dans le petit quadre, ne s'eſt point rompue par 180 livres; on n'a pas achevé de la rompre en y mettant d'autres poids.

Une bande de papier de 6 lignes de largeur étant collée par ſes 2 extrémitez ſur 2 traverſes oppoſées d'un quadre de chaſſis de 5 pouces dans œuvre, s'eſt rompue par 4 livres 3 quarts, & il a falu ajoûter 4 onces pour en rompre une egale tirée de haut en bas. Deux autres auſſi de 6 lignes ſe ſont rompues par 4 livres en les tenant ½ de minute avec le poids auſſi-bien dans le grand quadre que dans le petit.

Une autre bande de papier de la meme force, de 6 lignes ½ de large, s'eſt rompue par 4 livres: elle étoit poſée ſur le même chaſſis de même en l'un qu'en l'autre: il y avoit 3 cordes qui portoient un petit godet, & une autre corde paſſant par deſſous, qui étoit ſoûtenue plus haut par un petit bâton; on mettoit dans le godet peu à peu des poids juſques à ce que la bande ſe rompît. On a collé du papier dans le grand quadre de 9 pouces dans œuvre & dans le petit de 5 pouces dans œuvre de même que quand on fait des chaſſis: on a poſé au milieu du grand papier un rond de cuir de 3 pouces 4 lignes, & ſur le milieu de ce cuir un poids de plomb de 4 livres qui n'avoit que 2 pouces & demi de largeur par ſa baſe qui poſoit ſur le cuir; on entaſſa pluſieurs poids ſur ce premier, & le papier ne ſe rompit qu'à 42 livres.

L'autre papier ſur le petit quadre ſe rompit à 34 livres, mais ſon petit cuir n'avoit qu'un pouce ½ de largeur, ſur lequel on mit le même premier poids.

Pour comparer ces expériences entr'elles & avec les bandes de papier, la largeur du cuir qui poſoit dans le grand chaſſis étant de 3 pouces, & la baſe du poids de 2 pouces ½, ainſi le cuir ne portoit pas bien ferme à ſes bords, & l'on peut prendre que la largeur de la bande qu'occupoit le diamétre étoit 5 fois plus grande que celle de la bande de 6 lignes qui avoit ſupporté quatre livres, & prenant une autre bande en croix CD de même largeur, ſi la premiére AB ſoûtenoit 20 livres pour être quintuple de 4 livres, les deux en ſoûtenoient 40, les 2 livres de plus étoient ſoûtenues par les 4 bandes diagonales, ER, GF, qui ſouffrent fort peu par les raiſons qui ont été dites ci-deſſus, à l'égard des cordelettes, parce qu'elles ſont plus longues que les autres, & ne

TAB. XXI. Fig. 117. 3.

s'é-

Digitized by Google

s'étendent pas de toute l'étenduë propre à les faire rompre. Dans le petit chaſſis la bande A B n'étoit que 3 fois ½ plus large que la bande de 6 lignes; elle devoit donc ſoûtenir 14 livres, & les deux en croix 28 livres: les 6 livres reſtantes étoient pour les 4 bandes diagonales: & quoique ce ſoit plus à proportion que dans le grand, cela arrive par l'inégalité de la matiére qui a ſa réſiſtance abſolue moindre en un endroit qu'en un autre. Que ſi les baſes des poids euſſent été égales dans les deux quarrez de papier, ils euſſent dû porter le même poids; la rupture ſe fit en tous les deux, entre le poids & le quadre de bois.

Après avoir fait pluſieurs expériences ſemblables, j'en ai fait pluſieurs ſur des tuyaux pleins d'eau. Je fis faire un tuyau de 50 pieds, dont il a été parlé ci-deſſus; & l'aiant ſoudé dans le tambour cylindrique d'un pied fermé de tous les côtez, on poſa le tambour ſur 3 appuis à ſes extrémitez. Les baſes étoient des platines de cuivre d'une ligne d'épaiſſeur, & le tour étoit de fer blanc. Le tuyau, montant de 3 pouces de largeur, étoit ſoudé dans un trou fait au milieu de la platine ſupérieure; & la ſurface cylindrique de fer blanc étoit ſoudée avec les platines en cette maniére:

A B repréſente le diamétre de la platine ſupérieure; les petits quarrez C & D, l'épaiſſeur d'un fil de fer qui régnoit tout autour du fer blanc qui faiſoit la caiſſe, joignant la platine, & ſervoit à l'y mieux ſouder. E F eſt le tuyau de fer blanc de 50 pieds de hauteur. La platine inférieure étoit ſoudée de meme avec la caiſſe de fer blanc que la ſupérieure. On fit emplir d'eau le tambour & le tuyau. Quand elle fut tout au haut, les platines ſe courbérent en convexité par le poids de l'eau: & comme elles agiſſoient en levier dont l'extrémité étoit G, & le contre-levier la largeur de la ſoudure, ſur l'extrémité du fer blanc & ſur la largeur du fil de fer; la ſoudure ſe détacha par cet effort, les parties les plus proches de G ſe ſéparant les premières: l'eſpace déſoudé fut de 4 pouces, par où toute l'eau s'écoula; on la réſouda de nouveau, & la platine d'en-bas ſe déſouda auſſi dans l'experience. Je fis refaire un autre tambour, où le fer blanc, étant rabattu ſur les platines, les enfermoit en dedans & y étoit bien ſoudé. On augmenta enſuite le tuyau montant E F, juſques à ce qu'il eût 100 pieds de hauteur, & il demeura plein d'eau aſſez long-tems avant que de ſe rompre: mais enfin une des ſoudures de la caiſſe s'entrouvrit par le bas comme depuis S juſques à R, & ſe déchira de travers depuis R juſques à T. Les platines s'étoient courbées de plus d'un pouce; mais leur ſoudure avec le fer blanc ne ſe rompit point, parce qu'agiſſant en levier comme en la premiére expérience, même plus fortement à cauſe du plus grand effort d'eau, la partie ſoudée du fer blanc s'élevoit avec elle, & par ce moïen ne ſe pouvoit déſouder. On avoit tenu long-tems ce tuyau plein juſques à 80 & 90 pieds; mais rien ne ſe rompit: & parce que l'eau de 100 pieds agiſſoit ſur cette caiſſe de fer blanc comme ſi le

TAB. XXI. Fig. 118.

tuyau

tuyau eût été d'un pied de large juſques à cette hauteur, comme il a été prouvé dans le Diſcours de l'équilibre ; on peut tenir pour certain qu'un tuyau de fer blanc de 80 pieds, & d'un pied de largeur, ne ſe rompra point étant plein d'eau.

Je fis enſuite mettre un tambour de plomb au lieu du tambour de fer blanc : ſon épaiſſeur étoit de 2 lignes & demi : il avoit un pied de largeur & 18 pouces de hauteur ; mais il étoit renflé comme un baril juſques à la rencontre des platines de plomb plattes, de 8 pouces de largeur, & de la même épaiſſeur de 2 lignes & demi. Les ſoudures avançoient d'un demi pouce ſur les platines, & ſur ce qui avoit été rabattu qui joignoit les platines, en ſorte qu'elles avoient un pouce de largeur & plus ; elles étoient hautes de plus de 8 lignes. On emplit d'eau le tuyau de 100 pieds de hauteur, & les deux platines ſe courbérent en rond de plus d'un pouce $\frac{1}{2}$: mais rien ne ſe rompit ; car la ſoudure s'éleva auſſi avec le reſte, & l'épaiſſeur du plomb étoit trop grande. Il y a du plomb poreux qui auroit laiſſé paſſer quelques petits filets d'eau, comme j'en ai vû une fois l'expérience en un tambour d'un pied & demi, & de l'épaiſſeur de deux lignes, quoique le tuyau montant ne fût que de 15 pieds. Enfin pour achever l'expérience, je fis ratiſſer avec un couteau, & limer le tambour dans ſon milieu d'environ 6 pouces de hauteur & 4 pouces de large : & quand ſon épaiſſeur fut réduite à une ligne un peu moins dans le milieu de ce qui étoit limé, alors le plomb s'enfla en cet endroit, & il s'y fit une fente de trois pouces de hauteur par où toute l'eau s'écoula. On peut donc en ſûreté ſe ſervir d'un tuyau de 100 pieds, large de 12 pouces, & d'épaiſſeur de 2 lignes, ou même une ligne & demi ſi le plomb eſt bon. Voici comme on peut expliquer la réſiſtance du tambour de fer blanc. Il le faut conſidérer comme une bande de fer blanc d'un pied de largeur qui doit ſe rompre en ſe déchirant. Or cette bande eſt 24 fois plus large que celle de 3 lignes qui ſupportoit 120 livres ; elle doit donc ſupporter 445 fois davantage à peu près, & parce que l'eau du tuyau peſoit alors 5500 livres : car il la faut conſidérer comme ſi elle étoit de la largeur d'un poids juſques au haut de 100 pieds : & un pied cylindrique d'eau péſe 55 livres, qui multipliées par 100 donnent 5500 : 45 fois 120 fait 5400, & par conſéquent le rapport eſt aſſez juſte : & ſi la ſoudure eût été bonne pâr-tout, le tambour auroit encore pu porter 100 livres ou 2 pieds d'eau plus haut. Il faut conſidérer qu'il ne faut pas faire état de ce que le poids eſt diſtribué par-tout quoique ce ſoit en déchirant. Si l'on veut ſçavoir la proportion de la réſiſtance des autres tuyaux, voici les régles qu'on peut ſuivre : on ſuppoſe que les platines ſont aſſez fortes.

I. RÉGLE.

SI la hauteur du réſervoir eſt doublé, il y aura deux fois autant de poids d'eau, & par conſéquent il faudra deux fois autant d'épaiſſeur de métail dans le tuyau afin qu'il y ait deux fois autant de parties à ſéparer. Si le diamétre du tuyau eſt 2 fois plus large, il faudra 2 fois plus d'épaiſſeur: car les mêmes parties du fer blanc ne ſeront pas plus chargées, & elles ſont ſeulement doubles.

II. RÉGLE.

SI les platines ſont les moins fortes, & que la rupture s'y doive faire en les ſuppoſant de fer de fonte, ou d'une autre matiére aigre & caſſante; lorſque les tuyaux auront 4 fois autant de hauteur, il faudra doubler ſeulement l'épaiſſeur du métail, comme il a été prouvé ci-devant: car alors la platine ſe rompt en levier: & le contre-levier devient deux fois plus grand, & il y a deux fois autant de parties à ſéparer. La même choſe arrivera ſi le diamétre eſt double: car il y aura 4 fois autant de poids; il faudra donc doubler ſeulement l'épaiſſeur. D'ailleurs ces platines différentes peuvent ſupporter le même poids; mais le poids étant quadruple, il faut doubler l'épaiſſeur: & ſi la hauteur & la largeur du tuyau ſont enſemble plus grandes, il faudra faire le calcul de la hauteur & enſuite celui de la largeur, comme en l'exemple ci-deſſus; il faudra doubler l'épaiſſeur par la hauteur quadruple, & doubler celle-ci par la ſurface quadruple de la baſe, dont il faudra quadrupler l'épaiſſeur de la platine: mais quand c'eſt du fer blanc ou du cuivre fort ſouple, ſi le réſervoir eſt 4 fois plus haut, il aura 4 fois plus de poids; il faudra donc 4 fois plus d'épaiſſeur; & ſi le diamétre eſt double, il y aura encore 4 fois plus de poids, & il faudra encore quadrupler l'épaiſſeur; ce qui fera 16 épaiſſeurs: ainſi ſi une demi ligne d'épaiſſeur de cuivre peut ſupporter 60 pieds de hauteur & 4 pouces de largeur de tuyau, ſi la hauteur eſt 240 pieds, & la largeur de 8 pouces, il faudra 8 lignes d'épaiſſeur de cuivre.

Il vaut toûjours mieux faire les tuyaux un peu plus épais que ſelon le calcul: car il arrive ſouvent qu'il y a des défauts dans la matiére. On a vû des conduites de fer de fonte de 4 pouces de diamétre & de 3 lignes d'épaiſſeur, où il ſe trouvoit beaucoup de tuyaux de ceux qu'on joint enſemble pour compoſer la conduite, qui ſe rompoient, parce qu'en les jettant il s'y étoit fait des vuides, & la matiére étoit défectueuſe en ces endroits: on a vû auſſi ſuinter de l'eau par leurs pores au commencement; mais enfin les pores ſe fermoient par les petites faletez que l'eau charrie, & ils étoient de bon ſervice dans la ſuite.

TROISIÈME DISCOURS,

De la diſtribution des Eaux.

POur partager l'eau en divers jets, & ſçavoir combien on en donnera à chacun; ce qui peut auſſi ſervir à la diſtribution qu'on fait à pluſieurs Particuliers de l'eau d'une ſource; il faut avoir une jauge dont les ouvertures ſoient quarrées, & non rondes.

TAB. XXI. Fig. 119. Comme AB eſt le haut du vaiſſeau qui ſert de jauge, & CD la hauteur de l'eau; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au-deſſous de la ſurface CD ſelon une ligne droite horiſontale EN. Or ſi l'on a diviſé cette jauge en pluſieurs quarrez d'un pouce en tous ſens, comme EFPIH &c. ils donneront plus d'un pouce: car ſi les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui ſera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 eſt à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes: car 11 eſt à 14, comme 14 à 17 $\frac{5}{11}$. Il faudra donc diviſer EF en 14 parties égales; & ſi ER contient 11 de ces parties, le quarré long ERSIH ſera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'eſt-à-dire, 14 pintes en une minute, ſi l'eau du baquet qui ſert de jauge, demeure à la hauteur CD. On fera pluſieurs ouvertures de ſuite égales à FRSIH ſous la même ligne EN, comme RLTS, LMVT, &c; & ſi l'on veut donner un demi pouce, il faudra diviſer un de ces quarrez longs, comme OQIG par la moitié par la ligne XY; & chaque moitié donnera un demi pouce, c'eſt-à-dire, 7 pintes en une minute; & en toutes les autres diviſions de même, en prenant le tiers comme IKZQ, ou le quart, &c. Il y aura encore cet avantage, que ſi les eaux qui fourniſſent l'écoulement, diminuent, & qu'en coulant elles ne rempliſſent que le tiers ou la moitié ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les Particuliers perdront à proportion; ce qu'on ne peut faire quand les trous ſont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement à proportion dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela ſera recompenſé en ce que l'eau ſuccéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand. Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entières, égales chacunes à ERSIH, comme EHVM pour trois: mais il faudra un peu ſéparer les ouvertures, quand on ne donne qu'un pouce à chaque Particulier; car leurs eaux ſe confondroient s'il n'y avoit que 2 ou 3 lignes entre elles: il faut que l'entrée de chaque tuyau ſoit aſſez large pour recevoir l'eau de chaque diviſion.

Voici comme on peut diſtribuer une ſource dans une ville à pluſieurs Particuliers:

Je

Je ſuppoſe que la fontaine donne 40 pouces d'eau en Eté, & 50 pouces en Hiver, & 45 dans les autres tems: il faut faire pluſieurs réſervoirs, comme FGHI, où l'eau ſe décharge.

Dans le premier, qui ſera le plus grand, on laiſſera élever l'eau juſqu'à une hauteur comme AB, où l'on fera un paſſage à l'eau pour couler plus loin; & on fera les trous par où l'on veut faire la première diſtribution, comme en C, D, E, un pied au-deſſous de AB: ces trois trous pourront être aſſez grands enſemble pour laiſſer paſſer 20 pouces, & les 25 pouces reſtans paſſeront par deſſus AB. Il eſt évident que, quand l'eau ſera la plus forte, l'élévation de l'eau courante ſera plus grande au-deſſus de AB; & quand elle ſera moins forte, qu'elle ſera moindre, mais ce ne ſera que d'un pouce au plus: tellement que, quand l'eau qui entre dans le réſervoir, ſera de 50 pouces, il en paſſera environ 20 pouces & demi par les 3 ouvertures; & qu'il n'en paſſera que 19 & demi à peu près, quand elle ne donnera que 40 pouces. On fera de méme à l'égard de l'eau qui paſſera par deſſus AB, & de celle qui paſſera par les trous; & on leur fera de petits réſervoirs en d'autres quartiers de la ville, où l'on diſtribuera aux Particuliers les 25 pouces & les 20 pouces, obſervant toûjours de faire les trous 12 pouces ou du moins 10 pouces au-deſſous de AB. Enfin il arrivera que dans les grandes eaux il reſtera 5 ou 6 pouces d'eau, qu'on donnera au public en quelque endroit peu fréquenté pour quelques uſages, & cette eau ne durera que pendant les grandes eaux; ce qu'on obſervera auſſi dans les autres conduites comme C, D, E: car il y aura toûjours quelques reſtes qui ſeront au profit de la ville, ſoit pour faire des viviers ou autres amas d'eau qui ſe conſervent long-tems, ſans qu'il y entre de nouvelle, & qui ſe répareront de tems en tems: le reſte ſera également diſtribué ſur le pied de 45 pouces, ſinon qu'ils auront quelquefois un peu moins, quelquefois un peu plus. TAB. XXI. Fig. 120.

Frontinus, Auteur Romain, a parlé de ces conduites d'eau d'une autre manière. Il appelle *Quinaria* ce que nous appellons Pouce; mais ſon *Quinaria* étoit un peu plus petit. Il ſemble que la façon d'appliquer ce qu'il appelle *Calice*, au bas duquel il y avoit un petit tuyau de la grandeur de ſon *Quinaria*, ne pouvoit pas etre juſte; & il vaut mieux conduire juſqu'à un quartier de la ville 10 pouces, s'il ne faut que dix pouces aux Particuliers qui y ſont, & les faire décharger dans un réſervoir long, où l'on appliquera une jauge comme ci-deſſus, donnant un pouce ou un demi pouce, ſuivant l'acquiſition: & quand il y a des Particuliers qui n'en veulent qu'une ligne, qui eſt la 144e. partie d'un pouce, ou deux lignes qui eſt la 72e. du pouce; alors il faudra faire la jauge autrement que celle ci-deſſus. En un petit réſervoir ſéparé où l'on fera paſſer l'eau de 5 lignes par deſſus les ouvertures, & aiant fait un trou quarré de quatre lignes de largeur, on en ôtera $\frac{1}{12}$ de la largeur, laiſſant la hauteur de 4 lignes qui donnera la neuviéme partie d'un pouce,

Digitized by Google

ce, c'eſt-à-dire, 16 lignes; la moitié de cette largeur donnera 8 lignes, & le quart 4 lignes: ou bien on fera paſſer l'eau 6 lignes & demi par deſſus une ouverture d'une ligne en quarré, dont on ôtera $\frac{1}{14}$, afin de faire la valeur d'une ligne ronde préciſe, qui donnera $\frac{1}{14}$ de 14 pintes en une minute, & 144 pintes en 24 heures de celles dont il faut 36 pour un pied cube: ſi on double la largeur, ce ſera 2 lignes, qui donneront un muid en 24 heures, & douze pintes en une heure, & 3 pintes en un quart-d'heure; & pour être plus aſſûré qu'on ne donne pas plus ou moins que deux lignes, il faudra compter le tems dans lequel cette ouverture emplit un demi ſeptier, & ſi c'eſt en 75 ſecondes, la meſure ſera juſte: il faudra conduire ce peu d'eau dans des canaux d'un pouce au moins, car ils pourroient ſe boucher s'ils étoient plus petits; & même de 10 ans en 10 ans il faudra prendre garde ſi les jauges ne s'empliſſent pas de quelque matière pierreuſe qui diminue les ouvertures, & en ce cas on les refera de nouveau.

Lorſque les tuyaux de conduite ne ſont pas aſſez larges, il s'y amaſſe dans les endroits les plus bas un limon très-fin, que les eaux les plus claires charrient très-ſouvent avec elles, qui venant à ſe durcir bouche entièrement le tuyau: c'eſt pourquoi il ſeroit à propos dans ces endroits les plus bas d'y faire des ouvertures de tems en tems pour y faire couler l'eau avec violence, qui entraînera avec elle ce limon, pourvû qu'il ne ſoit pas encore pétrifié.

Il arrive encore que ſi l'on eſt obligé de faire paſſer un tuyau par deſſus quelque éminence, il faut faire ſouder à la partie la plus élévée du tuyau de conduite un autre petit tuyau que l'on appelle une ventouſe: ce tuyau a un robinet à une médiocre hauteur par deſſus le tuyau de conduite; on l'ouvre de tems en tems pour faire ſortir l'air, qui étant entraîné avec l'eau s'amaſſe dans la partie ſupérieure du tuyau, & qui étant comprimé par l'eau qui le preſſe, s'échappe par bouillons, & donne des coups ſi violens contre le tuyau de conduite, qu'il y fait très-ſouvent des ouvertures, s'il n'eſt pas aſſez fort pour réſiſter, & enfin il le caſſe s'il eſt d'une matière fragile.

FIN.

TABLE

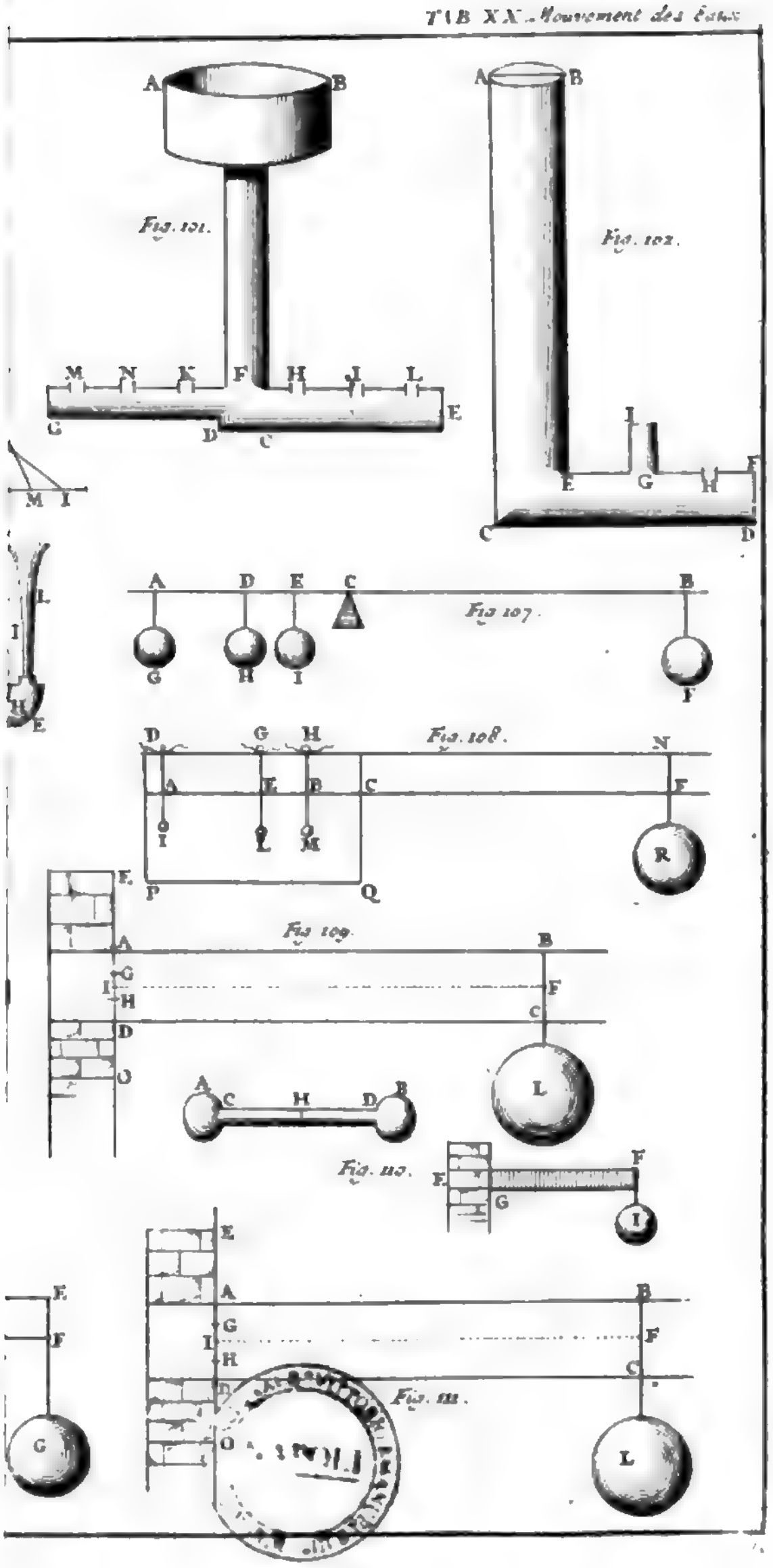

A
B
Fig. 101.
M
N
K
F
H
J
L
E
G
D
C
M
I
A
B
Fig. 102.
I
E
G
H
F
C
D
L
I
H
E
A
D
E
C
B
Fig 107.
G
H
I
F
D
G
H
Fig. 108.
N
A
E
B
C
F
I
L
M
R
P
Q
E
Fig 109.
A
B
G
I
H
F
C
D
O
A
C
H
D
B
L
Fig. 110.
E
F
G
I
E
A
B
F
G
I
H
C
D
Fig. 111.
O
G
L

Fig. 113.

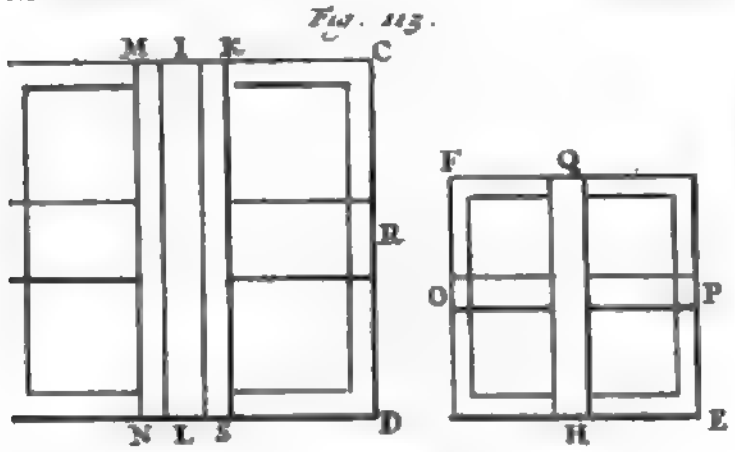
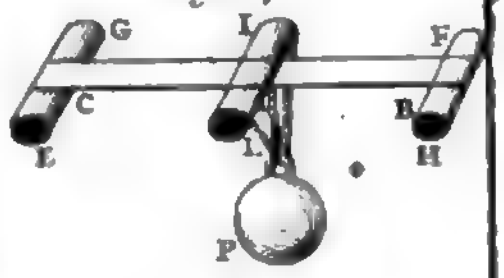


Fig 114.



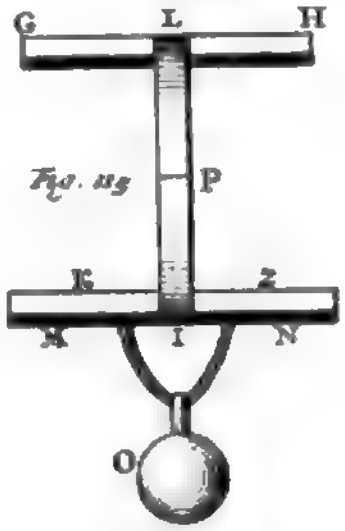
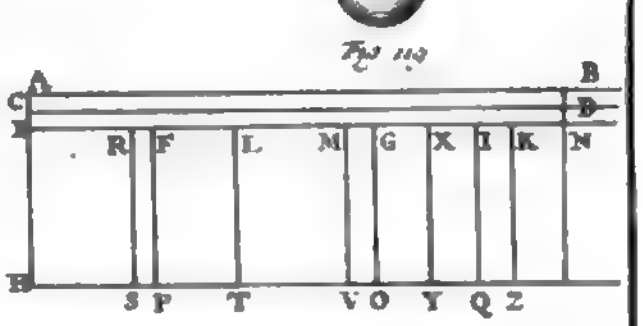


Fig. 115

Fig 116



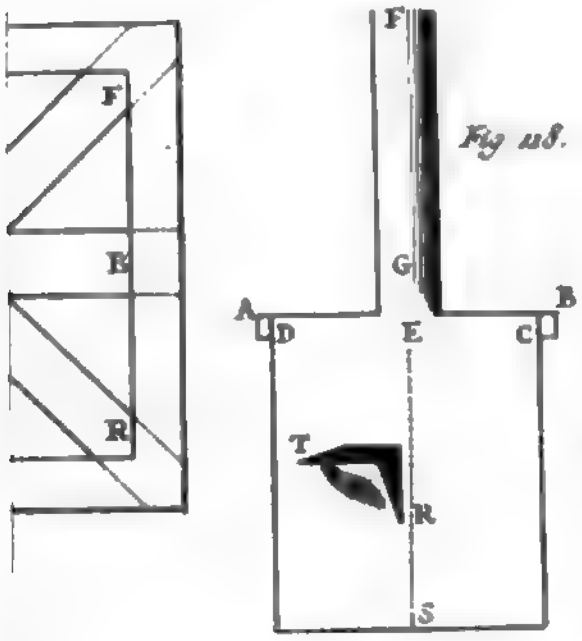


Fig 117.

Fig 118.

Règles pour les jets d'eau.

Fig 1.

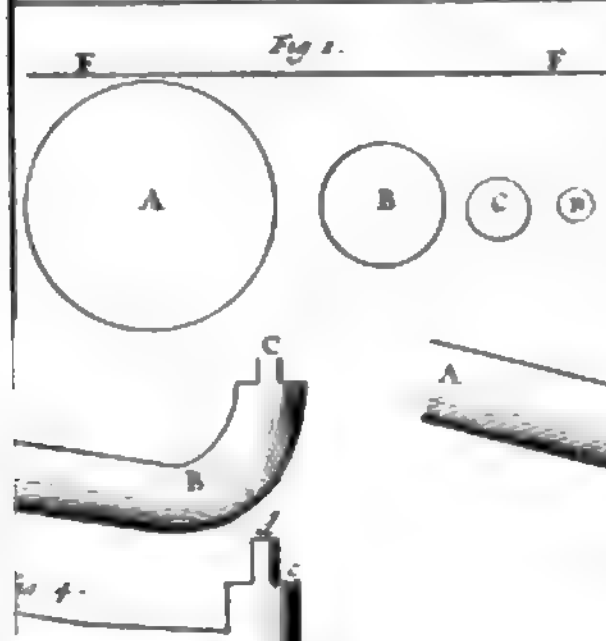


Fig 2.

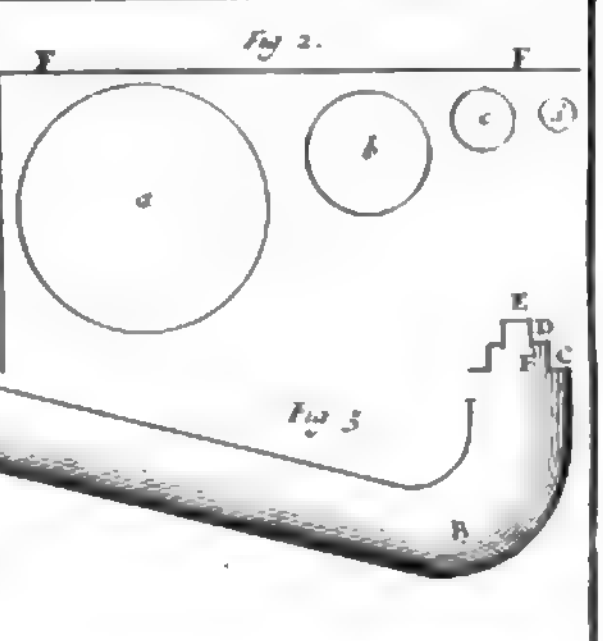
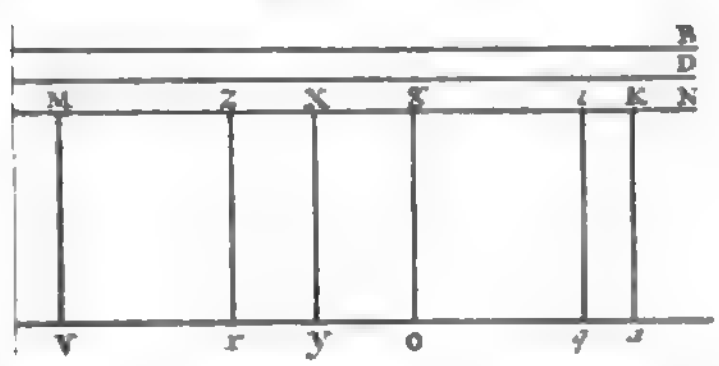


Fig 3

Fig 4.



NAPOLI

TABLE

DES

PRINCIPALES MATIÈRES

CONTENUES DANS CE TRAITÉ.

PREMIÈRE PARTIE.

De plusieurs propriétez des Corps fluides, de l'origine des Fontaines, & des causes des Vents.

I. DISCOURS.

De plusieurs propriétez des corps fluides. Page 326

L'Etat naturel de l'eau est d'être glacée. 327

Des parties de l'eau changées en air. ibid.

Expérience pour montrer que l'air s'insinue dans l'eau & dans l'esprit de vin. 328

Remarques sur la formation de la glace, & pourquoi elle s'entrouvre. 329

De la matière fulminante qui est dans l'eau. 331

Remarques & conjectures sur la viscosité de quelques corps fluides. 332

II. DISCOURS.

De l'origine des fontaines. 333

Réponse aux objections sur l'origine des fontaines. 334

Remarques sur l'augmentation & la diminution de quelques sources. 336

Des sources & lacs élevés sur de hautes montagnes. 337

Observations sur la quantité de l'eau de la pluie. 338

Calcul des eaux pour fournir la rivière de Seine. 339

III. DISCOURS.

De l'origine & causes des vents. 340

Conjectures sur les causes des vents. 342, 343

Observation sur un vent qui se fait aux ouvertures des fours à chaux. 346

Remarque sur la révolution des vents à Paris & aux environs. 346, 347

Expérience sur le mouvement de l'air. 347

De la cause des tourbillons. 349

De la cause des différentes directions des vents, & de la fumée de quelques cheminées. 350

Explication des orages & ouragans. 353

Digitized by Google

SECONDE PARTIE.

De l'équilibre des Corps fluides.

I. DISCOURS.

DE l'équilibre des corps fluides par la pesanteur. 356
Principe universel de Méchanique. 360
Preuves de la pesanteur de l'air. 361
De l'eau. 364
Régle de l'équilibre de l'eau par son poids. 365
Expérience de l'équilibre de l'eau. 368
Régle de l'équilibre des liqueurs différentes par la pesanteur. 371
Première Régle de l'équilibre des corps fermes, dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau. 372
Propriété de l'eau de s'attacher ou de s'écarter de quelques corps. 373
D'ou vient que quelques corps plus pesans que l'eau nagent au-dessus. 374
Les matières congelées sont plus légeres que les mêmes matières fondues. 375
Application de la régle précédente. ibid.
Seconde Régle avec quelques remarques. 376
Troisième Régle pour les corps qui pésent plus que l'eau. 378
Quatrieme Régle. ibid.
Experience qui montre que quelques corps plus légers que l'eau peuvent descendre au fond. 379

II. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluides par le ressort. 380
De la proportion de la condensation de l'air. 381
De la raréfaction ou dilatation de l'air. 383
Régles pour l'élévation de l'eau dans les pompes aspirantes. 385
Expérience sur le ressort de l'air. 387, 388
Réfutation de l'erreur de ceux qui croient que l'air ne pése pas sur les corps qui sont au-dessous. 388
Du ressort de la flamme de la poudre à canon. 390

III. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluides par le choc. 391
Premièrement du choc de la flamme. ibid.
Du choc de l'air, & de l'eau. 392
Premiére Regle, du choc des jets d'eau. ibid.
De l'accélération de la viteſſe des corps qui tombent. 393
De la lenteur de la ſortie des premières gouttes d'eau par l'extrémité des tuyaux. ibid.
Seconde Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eaux qui tombent de haut en bas. 395
Troiſième Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eau en raiſon des hauteurs des réſervoirs. 397
Conſequence pour la viteſſe des jets d'eau qui ſont en raiſon ſous-doublée des hauteurs des réſervoirs. 399
Quatrième Régle, des jets d'eau égaux & de viteſſes inégales, qui ſoûtiennent par leur choc des poids en raiſon doublée des viteſſes. ibid.
Expérience pour connoître la force du choc

choc de l'air. 400
Conſéquence où l'on voit quelle eſt la proportion du tems de l'écoulement de l'air de deux cylindres inégaux, par des ouvertures égales, & chargés de poids égaux. 401
Cinquième Régle pour les jets d'eau de même viteſſe, mais inégaux en groſſeur, qui ſoûtiennent des poids par leur choc, qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des ouvertures. ibid.
De la peſanteur du pied cube d'eau, & la quantité de pintes qu'il contient. 402
Pour meſurer la viteſſe & la force du choc de l'eau courante. ibid.
De l'effort des roues des moulins qui ſont ſur la rivière de Seine. 403
Expériences pour les viteſſes différentes des eaux courantes, tant au fond qu'à la ſurface. 403, 404
Calcul de la force des roues des moulins de la Seine. 405
Pour la force du choc du vent contre les ailes d'un moulin. ibid.
Pour le choc du vent contre la voile d'un vaiſſeau. 406
Comparaiſon de la force des moulins à vent aux moulins de la Seine. 407
Deſcription & jugement de pluſieurs moulins à vent qui tournent à tous vents. 408
Pour le calcul de la viteſſe du vent, qui peut renverſer des arbres & autres corps. 409
Pour augmenter la force d'une certaine quantité d'eau. 410, 411

TROISIÈME PARTIE.

De la meſure des Eaux courantes & jailliſſantes.

I. DISCOURS.

DU pouce pour la meſure des eaux. 411
Première expérience pour déterminer la quantité d'eau que fournit un pouce en un certain tems. 412
Propoſition où il eſt démontré que le pendule qui marque par ſes battemens une ſeconde de tems, doit être plus court dans les païs proche la ligne équinoxiale, que vers les poles. 414
Difficultez qui ſurviennent à l'expérience précédente. ibid.
Seconde expérience par une ouverture de 6 lignes de diamétre, & des différences entre les ouvertures verticales & horiſontales. 415
Les dépenſes des eaux par des ouvertures égales, poſées l'une ſur l'autre, ſont en même proportion que les ordonnées d'une parabole. 416
Diverſes cauſes qui apportent quelques irrégularitez à la régle de la dépenſe des eaux. 418
Un pouce d'eau eſt déterminé à fournir 14 pintes, meſure de Paris, *en 1 minute de tems.* 419
Troiſième expérience d'un pied cube rempli en 2 minutes & demi. 419
Moïen pour connoître les pouces d'eau d'une fontaine ou d'un ruiſſeau coulant. 420

II. DISCOURS.

De la meſure des eaux jailliſſantes ſelon les différentes hauteurs des réſervoirs. ibid.
Première expérience pour la dépenſe des

des eaux jaillissantes. 420
Deuxième expérience. ibid.
Régle pour la mesure des eaux jaillissantes. 421
Table des dépenses d'eau par 3 lignes d'ajutoir pendant une minute sur différentes hauteurs de réservoirs. 422
Comparaison des dépenses de l'eau par une ouverture simple faite à un réservoir, & lorsqu'on y applique un tuyau. 423

III. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de differentes ouvertures. 424
Première expérience. 425
Seconde expérience. ibid.
Régle pour la dépense des eaux jaillissantes. 425
Table des dépenses d'eau par différens ajutoirs ronds pendant une minute, sur la hauteur de 13 pieds de réservoir. 426
Troisième expérience par deux ouvertures differentes en même tems. ibid.
Quatrième expérience de la même chose. 427
Trois causes qui peuvent faire que les grandes ouvertures donnent ordinairement plus que les petites. ibid.
Cinq expériences sur ce sujet. 428, 429
Deux causes qui diminuent la raison sous-doublée, & deux qui l'augmentent. ibid.
En quelle proportion se vuide un vaisseau par un trou qui est au fond. 430
Il sort deux fois autant d'eau d'un vaisseau entretenu toûjours plein dans le même tems, que s'il se vuidoit sans y rien ajoûter. 430
Observation sur le fait précédent. ibid.
Pour juger du tems dans lequel un vaisseau se vuide. 432
Problème, de la forme d'un vaisseau dont l'eau s'écoulant descend en tems égaux par des intervalles égaux. ibid.
Régle de l'écoulement de l'eau de deux tuyaux inégaux par des ouvertures égales. 433
Question sur l'écoulement de l'eau de deux tuyaux d'egal diamétre & de hauteurs inégales. 434

IV. DISCOURS.

De la mesure des eaux courantes dans un aqueduc ou dans une rivière. ibid.
Méthode pour cette mesure avec des exemples, & le calcul de l'eau de la rivière de Seine. ibid.

QUATRIÈME PARTIE.

De la hauteur des Jets.

I. DISCOURS.

DE la hauteur des jets perpendiculaires. 436
Première Régle avec des expériences. 437
Seconde Régle pour la diminution des jets à l'égard des réservoirs, avec exemple. ibid.
Table de cette diminution depuis 5 pieds de hauteur jusqu'à cent. 439
Expériences pour la confirmation de cette régle. 441

Ex-

Expérience d'un cas particulier quand l'eau du réservoir ne fournit pas assez par le jet. 442
Expérience par un syphon recourbé. 443
Expérience de l'eau chargée de mercure par la hauteur des jets. ibid.
Confirmation par l'expérience des poids attachés au corps d'une seringue. 444
Expérience de la hauteur des jets par la compression de l'air. ibid.
L'impulsion est arrêtée par le frottement dans un petit tuyau attaché à un grand. 445
Machine pour pousser de l'eau fort loin. ibid.
Machine de Héron *par la compression de l'air.* 446
Expérience sur la netteté & beauté des jets d'eau, & comme on doit faire & disposer les ajutages. ibid.
L'eau qui s'écoule par un trou en tombant de haut en bas, se réduit enfin en goutes. 447
La dépense de l'eau se règle selon la vitesse du jet à la sortie de l'ajutage, & non pas sur sa hauteur. 448
Régles pour la diminution d'un jet si l'on prend une partie de l'eau qui le fournit. ibid.
Expérience pour prouver que les trop grandes hauteurs des réservoirs ne peuvent servir de rien. 449

II. DISCOURS.

Des jets obliques & de leurs amplitudes. 451
Problème. Etant donné la hauteur médiocre du réservoir, & l'obliquité du jet, trouver son amplitude. ibid.
Remarque sur les jets de mercure. 453
Expérience pour prouver que les matières les plus pesantes décrivent de plus grandes paraboles. ibid.
Pour trouver les amplitudes des jets horisontaux. ibid.
Pour trouver la hauteur de l'eau dans un reservoir ou un tuyau, par l'amplitude d'un jet horisontal, qui sort d'une ouverture du tuyau. 454

CINQUIÈME PARTIE.

De la conduite des eaux, & de la résistance des tuyaux.

I. DISCOURS.

DEs tuyaux de conduite. 454
Plusieurs remarques sur la grosseur des tuyaux de conduite suivant les jets qu'ils fournissent, pour différentes hauteurs. 455
Expériences contre les ajutages en tuyau ou cône, & pour ceux en platine. ibid.
Observations pour régler la largeur des tuyaux de conduite suivans la hauteur des réservoirs & la grandeur des ajutages. 456
Régle tirée des observations précédentes. 457
Exemple de cette régle. ibid.
Remarques particulières sur quelques tuyaux de conduite qui sont à Chantilli. ibid.
De la soudivision des tuyaux de conduite avec exemple. 458

II. DISCOURS.

De la force des tuyaux de conduite; & de la résistance des solides. 460

De la réſiſtance abſolue des ſolides. 460, 461
Réfutation de la propoſition de Galilée pour la réſiſtance des ſolides. ibid.
Expériences qui confirment la régle démontrée de la réſiſtance des ſolides. 462
Solution de quelques objections. 463
Expérience de l'alongement d'un fil de verre. 465, 466
Expériences de la réſiſtance des ſolides. ibid.
Théorême d'un cas de la réſiſtance des ſolides avec ſa démonſtration. 467, 468
Régle pour la réſiſtance des ſolides qui ſont ſouples, avec des expériences. 469
Expérience du fil tourné en vis pour l'alongement des corps ſouples. ibid.
Expériences ſur la réſiſtance des tuyaux. 471
Première Régle pour la réſiſtance des tuyaux. 473
Seconde Régle. ibid.

III. DISCOURS.

De la diſtribution des eaux. 474
Pour la diſtribution d'une ſource en pluſieurs endroits d'une ville, ou à pluſieurs Particuliers. ibid.
Des ouvertures pour nettoïer les tuyaux, & des ventouſes. 476

FIN.

RÉGLES
POUR LES
JETS D'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences.

AVERTISSEMENT.

CEs *Régles des Jets d'eau de Mr.* Mariotte *ſont tirées en partie de ſon Traité du* Mouvement des Eaux, *& étoient un Extrait pour l'uſage, avec quelques remarques particulières qu'il avoit faites dans le deſſein de les préſenter à Mr.* de Louvois, *comme on le voit à la fin de la Préface du Recueil de* Divers Ouvrages de Mathématique & de Phyſique par M^rs^. de L'Académie Roïale des Sciences, imprimé à Paris 1693. in folio. *C'eſt ſur l'édition qu'on en trouve dans ledit Recueil, où on les avoit jugé dignes d'être inſérées, que je les ai fait imprimer ici, pour donner un volume complet de tout ce qui a paru de notre Auteur.*

RÉGLES POUR LES JETS D'EAU.

DE LA DE'PENSE DE L'EAU QUI SE FAIT PAR DIFFE'RENS AJUTAGES, SELON LES DIVERSES E'LE'VATIONS DES RE'SERVOIRS.

UN pied cube d'eau péſe 70 livres, & contient 36 pintes, meſure de *Paris*, lorſqu'elles ſont meſurées juſte: mais, ſi l'eau paſſe les bords de la meſure, comme il ſe peut faire ſans qu'elle ſe repande, la pinte d'eau péſera alors 2 livres, & 35 feront le pied cube. Le muid de *Paris* contient 280 de ces dernières pintes, & 288 des autres.

Un pouce d'eau eſt l'eau qui coule par une ouverture circulaire d'un pouce de diamétre poſée verticalement en un des côtez d'un baquet, lorſque la ſurface de l'eau qui fournit à l'écoulement, demeure toûjours au-deſſus de l'ouverture à la diſtance d'une ligne, c'eſt-à-dire, à 7 lignes au-deſſus de ſon centre, ſans s'élever plus haut, ni s'abaiſſer au-deſſous. Il paſſe en une minute de tems par cette ouverture 28 livres d'eau en 14 pintes peſant chacune deux livres.

Il eſt vrai qu'à l'endroit de l'ouverture & immédiatement au-deſſus, l'eau eſt plus baſſe qu'au reſte du baquet, où elle doit etre élevée d'une ligne plus haut; car, ſi elle n'étoit qu'à la même hauteur, l'extrémité de la ſurface de l'eau ne paſſeroit pas le bord ſupérieur de l'ouverture en coulant, & elle ne donneroit alors en une minute qu'environ 13 pintes & $\frac{1}{2}$.

Si l'on veut ſçavoir ce que donnent des ouvertures circulaires plus petites, comme d'un demi pouce de diamétre, ou d'un quart de pouce; il les faut placer en ſorte que leurs centres ſoient à 7 lignes de la ſurface de l'eau qui eſt au-deſſus du trou d'un pouce, laquelle eſt marquée par la ligne F F, comme on le voit dans la 1e. figure, où les centres A B C D des différentes ouvertures ſont tous dans une ligne parallele à F F, & non pas comme dans la ſeconde, où leurs bords ſupérieurs ſont à égales diſtances de la même ligne F F. Or, ſi l'ouverture B eſt de 6 lignes de diamétre, ſa ſurface ne ſera que le quart de celle d'un pouce, & elle ne devroit donner que le quart de 14 pintes dans TAB. XXI. Fig. 1, 2.

le même tems d'une minute; & cependant elle donne le quart de 15 pintes, quoique toute la ſurface de l'eau du baquet ne ſoit pas plus haute qu'une ligne au-deſſus de l'ouverture d'un pouce; ce qui provient de pluſieurs cauſes qui ſont expliquées dans mon Traité du *Mouvement des Eaux*. La principale eſt, que l'eau ne baiſſe pas ſenſiblement au-deſſus de ces petits trous, & qu'elle y eſt de même qu'au reſte de la ſurface: au lieu qu'à l'ouverture d'un pouce, pour faire que le centre ſoit à 7 lignes au-deſſous, il faut que le reſte de la ſuperficie de l'eau ſoit environ à 8 lignes au-deſſus de ce centre; car il faut 4 fois autant d'eau pour fournir à l'écoulement de l'ouverture de 12 lignes, qu'à celle de 6 lignes. D'où il arrive que l'eau qui doit ſuccéder à celle qui paſſe par la grande ouverture, vient de plus loin, & par conſéquent elle ne ſuccéde pas avec tant de facilité, & même il n'y en a qu'à une ligne au-deſſus, au lieu qu'il y en a quatre lignes au-deſſus de la petite ouverture; ce qui facilite la ſucceſſion de ſon écoulement. D'ailleurs, les expériences exactes de ces écoulemens ſont très-difficiles à faire, & l'on ſe peut tromper dans la grandeur des ouvertures, dans la hauteur de l'eau du réſervoir, & dans le tems de l'écoulement. De plus, les jets d'eau qui jailliſſent horiſontalement, donnent un peu plus d'eau que ceux qui vont de bas en haut, & un peu moins que ceux qui coulent de haut en bas.

Pour bien déterminer un pouce d'eau, & faciliter les différens calculs ſelon les différentes ouvertures & diſpoſitions des ajutages, on peut ſuppoſer qu'un pouce d'eau donne 14 pintes ou 28 livres d'eau en une minute: & c'eſt ſur ce pied que j'ai fait les calculs ſuivans:

Si on a un pendule de 3 pieds 8 lignes & demi depuis le point de ſuſpenſion juſques au centre de la petite balle, il fera une ſeconde à chaque battement, & une minute en 60 battemens.

Si l'on veut ſçavoir ſans jauge ce que donne d'eau une médiocre fontaine, il en faut recevoir l'eau dans quelque grand vaiſſeau; & ſi en une demi minute ou 30 ſecondes elle donne 7 pintes, on dira qu'elle donne un pouce d'eau; ſi elle donne 21 pintes, qu'elle en donne 3 pouces, &c.

Suivant cette détermination, un pouce d'eau donnera 3 muids de *Paris* en une heure, & 72 en 24 heures. Une ligne eſt la 144e. partie d'un pouce, & elle donne un demi muid en 24 heures; deux ouvertures d'une ligne donneront un muid; & une ouverture de 3 lignes de diamétre, qui ſont 9 lignes ſuperficielles, donnera 4 muids & demi en 24 heures.

On a trouvé par pluſieurs expériences, qu'un réſervoir aiant 13 pieds de hauteur au-deſſus de l'ouverture d'un ajutage de 3 lignes, donnoit un pouce d'eau, c'eſt-à-dire, 14 pintes en une minute, jailliſſant de bas en haut. C'eſt ce qu'on prendra pour fondement de la dépenſe des autres jets d'eau.

Lorſ-

Lorſque les réſervoirs ſont à même hauteur, & les ajutages différens, ils dépenſent de l'eau ſelon la proportion des ouvertures par où l'eau ſort, ou des quarrez de leurs diamétres. Ainſi, ſi un réſervoir de 12 pieds a un ajutage de 6 lignes de diamétre, il donnera 4 pouces; & ſi ſon ouverture eſt d'un pouce de diamétre, le jet de bas en haut donnera 16 pouces, pourvû que les tuyaux qui portent l'eau, ſoient d'une largeur ſuffiſante, ſelon les régles qui ſeront données ci-après. Pour calculer ces dépenſes d'eau, il faut prendre le quarré de 3, qui eſt 9; & ſi l'ajutage nouveau a 5 lignes de diamétre, il faut faire cette régle de trois: ſi 9, quarré de 3, donne 14 pintes, combien 25, quarré de 5? On trouvera que le 4e. nombre ſera 38 $\frac{8}{9}$, & ainſi des autres ajutages. En voici une Table.

Table des dépenſes d'eau pendant une minute par différens ajutages ronds, l'eau du réſervoir étant à 12 pieds de hauteur.

Par l'ajutage d'une ligne de diamétre	1 pinte $\frac{1}{2}$ & $\frac{1}{18}$.
Par 2 lignes	6 pintes $\frac{5}{9}$.
Par 3 lignes	14 pintes.
Par 4 lignes	25 pintes à peu près.
Par 5 lignes	39 pintes à peu près.
Par 6 lignes	56 pintes.
Par 7 lignes	76 pintes $\frac{1}{2}$.
Par 8 lignes	110 pintes $\frac{1}{9}$.
Par 9 lignes	126 pintes.

Si on diviſe ces nombres par 14, le quotient donnera les pouces d'eau: ainſi 126 pintes diviſées par 14 font 9 pouces. On peut objecter, que dans quelques expériences, les grandes ouvertures donnent plus d'eau à proportion que les petites; mais cela arrive par des cauſes étrangéres, & bien ſouvent les grandes ouvertures donnent moins à proportion. Voici les expériences que j'en ai faites: J'ai pris un tuyau de 6 pieds de hauteur, & de 6 pouces de diamétre, au fond duquel j'ajuſtai une ouverture de 4 lignes, & une de 12: étant tout plein, on laiſſa aller en méme tems les deux ajutages juſques à ce que le tuyau fût vuide à demi; on recevoit en deux vaiſſeaux différens l'eau qui couloit par les deux ouvertures; & au lieu que la grande devoit donner 9 fois autant que la petite, elle n'en donnoit que 8 à peu près.

Lorſque les hauteurs des eaux des réſervoirs ſont différentes, les plus hautes donnent plus que les moins hautes ſelon la raiſon ſous-doublée des hauteurs, c'eſt-à-dire, comme la moindre hauteur à la moïenne proportionnelle entre elle & la plus grande.

Suivant cette régle, ſi la ſurface de l'eau du réſervoir le moins haut eſt de 3 pieds d'élévation, & l'ajutage de 3 lignes, il faut prendre 6 qui eſt le nombre moïen proportionel entre 3 & 12; & parce que 6 eſt à 3 com-

3 comme 14 pintes à 7, on jugera que le réfervoir de 3 pieds d'élévation donnera un demi pouce, c'eſt-à-dire, 7 pintes en une minute par une ouverture de 3 lignes. Si la hauteur étoit de 4 pieds, il faut prendre 48, produit de 4 par 12, dont la racine eſt 7 à peu près: & comme 12 à 7, ainſi 14 à 8 ½; ce qui fera connoître que ce jet d'eau donnera 8 pintes & ½ en une minute à fort peu près.

Table des dépenſes d'eau à différentes élévations de réſervoirs, ſur 3 lignes d'ajutages en une minute.

A	6 pieds	10 pintes un peu moins.
A	8	11½ un peu moins
A	9	12½ un peu moins.
A	10	12¾ un peu moins.
A	12	14.
A	15	15¾ un peu moins.
A	18	17.
A	20	18½
A	25	20¾
A	30	22¾
A	35	24 un peu moins.
A	40	25
A	45	27¾
A	48	2 pouces ou 28 pintes.

Lorſque les réſervoirs ont plus de 50 pieds de hauteur, les ajutages de trois lignes ſont trop étroits, & la dépenſe de l'eau devient ſenſiblement moindre que ſelon la proportion ſous-doublée de 12 à 60 ou à 80 &c. tant à cauſe du plus grand frottement à proportion, que de la plus grande réſiſtance de l'air.

Lorſque par le défaut de largeur ſuffiſante des tuyaux de la conduite ou par d'autres empêchemens, l'eau ne jaillit pas ſi haut qu'elle devroit; il faut calculer la dépenſe de l'eau ſelon la hauteur du réſervoir qui convient au jet, ſelon la table ſuivante: comme, ſi un réſervoir de 45 pieds ne faiſoit ſon jet qu'à 20 pieds, il faudra faire le calcul de la dépenſe de l'eau, comme ſi le réſervoir étoit à 21 pieds 4 pouces. Les ajutages d'une ligne & demi ne vont pas ſi haut que ceux de 4 ou 5 lignes à une hauteur de réſervoir de 8, 10 ou 12 pieds, &c. mais il ne faut pas laiſſer de calculer la dépenſe d'eau ſuivant la hauteur des réſervoirs, quand la conduite de l'eau eſt libre. Quelquefois, en faiſant des expériences, on trouve que les tuyaux étant fort inégaux, les plus grands donnent de l'eau en plus grande raiſon que la ſous-doublée. Mais cela procéde de ce que pour entretenir un jet qui dépenſe beaucoup d'eau, il faut verſer l'eau avec une grande viteſſe; ce qui choque l'eau du réſervoir, & lui donne une impulſion qui fait aller plus vîte l'eau à la

la ſortie de l'ajutage qu'elle ne feroit par le ſeul poids.

DE LA HAUTEUR DES JETS.

LA réſiſtance de l'air empêche que les jets ne s'élévent juſqu'à la hauteur des réſervoirs; & plus il y a d'air à traverſer, plus la différence eſt conſidérable. Voici une régle qu'on peut ſuivre pour ſçavoir la diminution des jets juſqu'à la hauteur du réſervoir.

Aïez une balle de plomb d'un pouce de diamétre ou environ, & une balle de bois aiant ſon diamétre à peu près comme celui de l'ouverture, & dont la peſanteur ſoit fort peu moindre que celle de l'eau, en ſorte que nageant par deſſus elle ſoit preſque toute cachée: jettez les avec une même force en haut, de maniére que la balle de plomb aille juſqu'à la hauteur du réſervoir, ou fort près; remarquez juſqu'où ira la balle de bois, ce ſera la hauteur du jet à peu près.

L'autre régle par le calcul eſt que les différences des hauteurs des réſervoirs & des hauteurs des jets augmentent en raiſon doublée de leur hauteur, c'eſt-à-dire, en la proportion des quarrez de leur hauteur: comme, ſi le premier jet eſt de 5 pieds, & que ſon réſervoir ſoit plus haut d'un pouce, un jet de 10 pieds aura ſon réſervoir plus haut de 4 pouces; car 5 eſt à 10 comme 1 à 2, & le quarré de 2 eſt 4: donc, comme 1 eſt à 4, ainſi 1 pouce à 4 pouces. On ſuppoſe que les tuyaux ſoient ſuffiſamment larges ſelon les régles qui en ſeront données.

Table des différentes hauteurs des jets.

Hauteurs des Jets.	*Hauteurs des Réſervoirs.*
5 pieds	5 pieds 1 pouce.
10	10 4
15	15 9
20	21 4
25	22 1
30	33 0
35	39 1
40	45 4
45	51 9
50	58 4
55	65 1
60	72 0
65	79 1
70	86 4
75	93 9
80	101 4
85	109 8

Digitized by Google

Hauteurs des Jets.	*Hauteurs des Réfervoirs.*	
90 pieds	117 pieds	0 pouce.
95	125	1
100	135	4

Le frottement contre les bords des ajutages diminue un peu de cette proportion dans les grandes hauteurs: c'eſt pourquoi il eſt néceſſaire qu'à ces grandes hauteurs les ajutages ſoient d'une ouverture de 10 ou 12 lignes; car s'ils étoient de deux ou 3 lignes, ils iroient beaucoup moins haut que ſelon cette table; outre que l'air réſiſte beaucoup plus à un petit corps qu'à un plus grand, comme on en voit l'exemple dans les armes à feu, qui pouſſent bien plus loin une groſſe balle qu'une très-petite, comme de la menue dragée ou de la poudre de plomb. Si un tuyau élevé de 136 pieds éléve ſon jet à 100 pieds l'ajutage étant de 12 lignes; on ne doit pas tirer la même conſéquence, qu'un tuyau de 344 pieds, par un même ajutage, éléve ſon jet à 200 pieds, quoique la hauteur de 344 pieds excéde 200 pieds de 144 quadruple de 36 pieds: dans la viteſſe de ces jets l'air réſiſte ſi fortement, que l'eau ſe réduit par le choc en parcelles imperceptibles qui ne peuvent aller bien haut. J'ai expérimenté qu'il faut auſſi que les tuyaux aient une largeur conſidérable juſques à l'ajutage, & d'autant plus grande que l'ajutage eſt plus large. Voici les régles de ces grandeurs:

Un réſervoir de 5 pieds, aiant un ajutage de 6 lignes, doit avoir le tuyau le plus proche de l'ajutage, environ de 2 pouces. La meilleure figure pour la conduite des tuyaux juſques à l'ajutage doit être ſemblable à la troiſieme figure A B C; c'eſt-à-dire, que la courbure en B ne doit pas étre en angles droits, comme en la 4e. figure *a b c d*; & dans les médiocres hauteurs juſques à 10 ou 12 pieds, il ne faut point de tuyau long à la ſortie, comme *c d*, car le frottement retarderoit le jet très-conſidérablement; mais il ſuffit de l'épaiſſeur du métail, comme en la premiére figure. Si le réſervoir eſt de 21 pieds 4 pouces de hauteur & l'ouverture de l'ajutage de 6 lignes, le jet n'ira pas à 20 pieds, ſi le tuyau de la conduite n'eſt que de 2 pouces, parce que le frottement ſera trop grand dans le tuyau étroit, où l'eau coulera deux fois plus vîte que lorſque le réſervoir n'eſt qu'à 5 pieds de hauteur, & par conſéquent il faut le tenir plus large, afin que l'eau y aille à peu près de même viteſſe: il faut donc au lieu de 2 pouces, qu'il ait 2 pouces ½ à peu près; parce que les viteſſes étant en raiſon ſous-doublée des hauteurs, la viteſſe de ce dernier jet ſera double de l'autre, & par conſéquent le quarré du diamétre de la largeur de ſon tuyau doit étre double de l'autre à peu près. C'eſt ſur cette régle qu'eſt fondée la table ſuivante.

TAB. XXI. Fig. 3, 4.

Table

Table des largeurs des tuyaux & des differens ajutages ſelon la hauteur des réſervoirs.

Hauteur des Réſervoirs.	*Largeur des Ajutages.*	*Largeur des tuyaux.*
A 5 pieds	3, ou 4, ou 5, ou 6 lignes.	22 lignes.
A 10	4 5 6 lignes	25 lignes.
A 15	5 6 lignes	2 pouces $\frac{1}{2}$.
A 20	6 lignes	3 p. $\frac{1}{2}$.
A 25	6	2 p. $\frac{1}{4}$.
A 30	6	3 p.
A 40	7 8 lignes	4 p. $\frac{1}{4}$.
A 50	8 10 lignes	5 p. $\frac{1}{2}$.
A 60	10 12 lignes	5 p. $\frac{3}{4}$ ou 6.
A 80	12 14 lignes	6 p. $\frac{1}{2}$ ou 7.
A 100	12 14 15	7 p. ou 8.

Si le jet de l'eau a 12 lignes d'ajutage, & que le réſervoir ſoit à 84 pieds de hauteur; le jet ſera de 65 pieds à peu près. Si les moindres tuyaux près de l'ajutage ſont de 7 ou 8 pouces, il donnera 40 pouces à peu près; & par un ajutage de 14 lignes il donnera 54 pouces, qui font 3888 muids en 24 heures: & ſi le réſervoir a 50 pieds en quarré, il faudra qu'il ait environ 13 pieds de hauteur, afin qu'il puiſſe fournir le jet 24 heures; & pour l'entretenir ſeulement 12 heures, il ſuffira qu'il ait 50 pieds en quarré & 10 pieds de hauteur pour contenir 1944 muids. Si les jets d'eau ne vont pas continuellement, & qu'on mette des robinets dans les tuyaux de la conduite, pour arrêter le cours de l'eau quand on veut, il faut que leurs ouvertures ſoient à peu près de la largeur des tuyaux; car ſi elles étoient beaucoup plus petites, elles diminueroient la hauteur du jet par le frottement. On peut tenir les tuyaux plus larges en ces endroits, & ajuſter les robinets en ſorte que leurs ouvertures ſoient auſſi larges que le reſte des tuyaux.

Lorſque les réſervoirs ſont fort élevés, & les tuyaux du bas larges de 5 ou 6 pouces, ils ſont en danger de ſe rompre par le poids de l'eau; & plus ils ſont étroits, moins ils ſe rompent, ſi les tuyaux ſont de même épaiſſeur. Voici les régles que l'on peut ſuivre: Suppoſé qu'un réſervoir de 30 pieds ne rompe ou ne déſoude point un tuyau de cuivre d'un quart de ligne d'épaiſſeur, & qu'étant de moindre épaiſſeur, comme d'un cinquiéme de ligne, il le puiſſe rompre. Lorſqu'on élargira les tuyaux ſans hauſſer le réſervoir, il faut augmenter l'epaiſſeur ſelon la raiſon des diamétres: car d'un côté, le poids de l'eau eſt en raiſon doublée des diamétres; c'eſt pourquoi, ſi le diamétre eſt double, le poids de l'eau ſera quadruple, & la circonférence ſoudée ſera double; ce qui rend la réſiſtance double. Donc il ne reſte que la ſimple

raiſon des diamétres, ſi on ſuppoſe que l'eau par ſon poids faſſe ſéparer & détacher les parties du métail & de la ſoudure, comme les parties d'un bâton qu'on tireroit perpendiculairement. Ainſi, ſi le tuyau eſt de 6 pouces ſur 30 pieds de hauteur, il faut que le métail du tuyau ait une demi ligne d'épaiſſeur; s'il eſt d'un pied de largeur, il lui faudra donner une ligne.

Lorſque les réſervoirs ſont plus hauts, les largeurs des tuyaux demeurant les mêmes, il faut augmenter l'épaiſſeur du métail à proportion des hauteurs: ainſi, à un réſervoir de 60 pieds, le tuyau étant de 3 pouces de largeur, le même doit avoir une demi ligne d'épaiſſeur; & à un de 120 pieds, il doit avoir une ligne.

Si les tuyaux ſont plus hauts & plus larges, il faut conſidérer les deux proportions. Ainſi, ſi le tuyau a 60 pieds de hauteur, & que ſa largeur ſoit de 8 pouces, il faudra prendre une demi ligne à cauſe de la hauteur de 60 pieds; & à l'égard de la largeur, il faut faire cette régle de trois: comme trois pouces ſont à 8 pouces, ainſi une demi ligne à $\frac{4}{3}$; ce qui fera voir que le métail devra alors avoir une ligne & un tiers d'épaiſſeur.

Si on ſuppoſe que les ſoudures ſoient plus difficiles à ſéparer, que les parties du métail, on peut conſidérer la platine de la figure troiſiéme, où eſt l'ajutage comme la plus foible partie, & comme devant ſe rompre en ſon milieu ou proche des bords de la ſoudure. Et parce qu'une régle de bois appuiée par les deux bouts peut ſoûtenir dans ſon milieu un poids double de celui qu'elle ſoûtiendroit ſi elle étoit deux fois plus longue; & que ſi le poids eſt diſtribué le long d'une régle en pluſieurs petites parties égales, elle en peut ſoûtenir, ſans ſe rompre, deux fois autant que ſi tout le poids étoit au milieu: il s'enſuit que ſi la platine étoit quarrée, & qu'elle pût être chargée d'une eau de 20 pieds de hauteur ſans qu'elle ſe rompit; elle ne pourroit ſoûtenir que la moité du même poids, ſi elle étoit deux fois auſſi longue ſans augmenter ſa largeur; mais alors elle ſeroit chargée de deux fois autant d'eau, & par conſéquent elle n'en pourroit ſoûtenir que le quart; donc ſelon la doctrine de *Galilée*, il faudroit doubler ſon épaiſſeur pour la rendre aſſez forte. La même choſe arriveroit ſi elle étoit quarrée: car d'un côté, le poids de l'eau ſeroit double, mais ſa réſiſtance ſeroit auſſi doublée; & étant ronde, elle réſiſteroit auſſi à proportion.

Donc, aux tuyaux dont les diamétres ſont différens, & les hauteurs égales, il faut augmenter l'épaiſſeur du métail de la platine où eſt l'ajutage ſelon la raiſon des diamétres, ſi la platine eſt la plus foible partie.

Lorſque les conduites des eaux ſont fort longues, comme de 1000 toiſes, le long frottement diminue la hauteur des jets & la dépenſe de l'eau, principalement ſi les tuyaux ſont trop étroits. Voici les régles qu'on peut ſuivre:

Si vous avez un réſervoir de 80 pieds, & de l'eau ſuffiſante pour faire ſix

ſix jets de 9 lignes chacun, il faudra prendre le quarré de 9, qui eſt 81: ſon produit par 6 donne 486, dont la racine quarrée eſt environ 22; ce qui fait connoître que les ſix jets de 9 lignes de diamétre donnent autant qu'un ſeul de 22 lignes. Et parce qu'un jet de 22 lignes de diamétre donne beaucoup plus que celui d'un pouce; ſçavoir, en la proportion de 484 à 144, quarrez de 22 & de 12; il faut auſſi que la largeur du tuyau ſoit en la même proportion à l'égard des 7 pouces qui conviennent à la hauteur de 80 pieds. Donc, comme 12 à 22, ainſi 7 à 12 ½ à peu près; ce qui fera voir que le grand tuyau juſques aux diſtributions doit avoir 13 pouces de largeur, & chaque tuyau des ſix diſtributions 7 pouces; & en ce cas le jet ira à plus de 60 pieds, & ſi on donne 14 pouces de largeur au grand tuyau, le jet ira à 65 pieds, nonobſtant le long chemin de la conduite. On fera les autres calculs ſuivant ces régles:

Dans les jets fort hauts & fort gros, il faut diſpoſer les derniers tuyaux & leurs ajutages à peu près ſelon la figure 5e. ABCD: car, ſuppoſé que le tuyau ABC ait 7 pouces de largeur, il faudra le retrécir de moitié, & donner à FD 3 ou 4 pouces de hauteur, & faire un ſecond retréciſſement juſques à la largeur de l'ajutage: & ſi ſon ouverture eſt d'un pouce de largeur, & qu'il doive jaillir à 50 ou 60 pieds, il ſuffira que la hauteur de l'ajutage ſoit de 6 lignes à angles droits pour diriger le jet; & s'il n'alloit qu'à 50 pieds, il ſuffiroit qu'il fût de 3 ou 4 lignes: car plus DE ſera haut, plus la hauteur du jet diminuera, & plus l'ajutage ſera poli, plus le jet ſera beau. TAB. XXI. Fig. 5.

Pour partager l'eau en divers jets & ſçavoir combien on en donnera à chacun; ce qui peut auſſi ſervir à la diſtribution qu'on fait à pluſieurs Particuliers, de l'eau d'une ſource; il faut avoir une jauge, dont les ouvertures ſoient quarrées & non rondes. Comme, ſi AB, en la figure 6e, eſt le haut du vaiſſeau qui ſert de jauge, & CD la hauteur de l'eau; il faudra placer les trous quarrez environ deux lignes au-deſſous de la ſurface CD, ſelon une ligne droite horiſontale EN. Or ſi on la diviſe en pluſieurs quarrez d'un pouce de hauteur, comme EFPH, ils donneront plus d'un pouce: car, ſi les circulaires donnent 14 pintes en une minute, les quarrez en donneront une quantité qui ſera à 14 comme 14 à 11, laquelle proportion de 14 à 11 eſt à peu près celle du quarré au cercle qui a même largeur. Si donc un pouce rond donne 14 pintes en une minute, un pouce quarré donnera un peu moins de 18 pintes; car 11 eſt à 14 comme 14 pintes à $17\frac{2}{11}$. Il faudra donc diviſer EF en 14 parties égales; & ſi ER contient 11 de ces parties, le quarré long ERSH ſera à fort peu près égal à un pouce circulaire, & il donnera un pouce, c'eſt-à-dire, 14 pintes en une minute, ſi l'eau du baquet qui ſert de jauge, demeure à la hauteur CD. On fera pluſieurs figures de ſuite égales à ERSH ſous la même ligne, comme RLTS, LMVT, &c. Si on veut donner un demi pouce, il faudra diviſer TAB. XXI. Fig. 6.

un de ſes quarrez longs, comme *zrog*, par la moitié par la ligne X Y; & elle donnera un demi pouce, c'eſt-à-dire, 7 pintes en une minute, & en toutes les autres diviſions de même, en prenant le tiers comme *ikaq*, ou le quart, &c. Il y aura encore cet avantage, que ſi les eaux qui fourniſſent l'écoulement, diminuent, & qu'en coulant elles ne rempliſſent que le tiers, ou la moitié, ou les deux tiers de la hauteur des ouvertures de la jauge, tous les Particuliers perdront à proportion; ce qu'on ne peut faire quand les trous ſont ronds; & s'il y a un peu plus de frottement, à proportion, dans les petites ouvertures que dans les grandes, cela ſera recompenſé, en ce que l'eau ſuccéde mieux à un petit écoulement qu'à un grand. Si on veut donner 3 ou 4 pouces, on prendra 3 ou 4 ouvertures entières, égales chacune à E R S I I, comme E M V I I, pour 3 pouces.

Ces régles peuvent ſervir à toutes les autres difficultez qu'on pourra avoir touchant les jets d'eau. Comme, ſi on a un réſervoir ou une ſource élevée de 40 pieds au-deſſus de l'ajutage qui puiſſe fournir 20 pouces, & qu'on la veuille toute emploïer en un ſeul jet, il faudra regarder la Table, & on trouvera qu'un ajutage de 3 lignes, aiant ſon réſervoir à 40 pieds, donne 25 pintes $\frac{1}{2}$ en une minute: enſuite on fera cette régle de trois, ſi 25 pintes $\frac{1}{2}$ me viennent de 9 quarré de 3, que me donneront 280 pintes que 20 pouces donnent en une minute? on trouvera 98 $\frac{2}{11}$ pour le quotient, dont la racine quarrée eſt 10 à peu près; ce qui ſera connoître que l'ajutage doit être de 10 lignes de diamétre à fort peu près, & que ce jet, qui s'élévera environ à 35 pieds, emploïera les 20 pouces coulant continuellement. Mais, ſi on ſe contente que le jet aille ſeulement le jour 12 heures de ſuite, on pourra laiſſer remplir pendant la nuit un grand réſervoir qui contienne 720 muids, & on aura aſſez d'eau pour un jet de 14 lignes, ou pour deux d'environ 10 lignes, chacun pour 12 heures de ſuite.

F I N.

NOU-

Digitized by Google

NOUVELLE DÉCOUVERTE

TOUCHANT

LA VÛË,

contenue en plusieurs Lettres

écrites

Par Messrs. MARIOTTE,

PECQUET & PERRAULT,

de l'Académie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition, revûe & corrigée.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A
MONSIEUR PECQUET.

MONSIEUR,

Pour ce qui eſt de mon obſervation touchant le défaut de viſion, qui arrive quand la peinture d'un objet tombe juſtement ſur le Nerf-optique; je vous dirai qu'il y a long-tems que la curioſité de ſçavoir ſi la viſion étoit plus ou moins forte à l'endroit du Nerf-optique, me fit faire une remarque curieuſe, à laquelle je ne m'attendois pas. Je tenois pour certain que la viſion ſe faiſoit par la reception des rayons qui font la peinture des objets au fond de l'œil, & que cette peinture étoit dans une ſituation renverſée & oppoſée à celle des objets qu'elle repréſente. J'avois d'ailleurs ſouvent obſervé par l'Anatomie tant des hommes que des animaux, que jamais le Nerf-optique ne répond juſtement au milieu du fond de l'œil, c'eſt-à-dire, à l'endroit où ſe fait la peinture des objets qu'on regarde directement; & que dans l'homme il eſt un peu plus haut, & à côté tirant vers le Nez. Pour faire donc tomber les rayons d'un objet ſur le Nerf-optique de mon œil, & éprouver ce qui en arriveroit, j'attachai ſur un fond obſcur, environ à la hauteur de mes yeux, un petit rond de papier blanc, pour me ſervir de point de vûë fixe; & cependant j'en fis tenir un autre à côté vers ma droite, à la diſtance d'environ deux pieds, mais un peu plus bas que le premier, afin qu'il pût donner ſur le Nerf-optique de mon œil droit, pendant que je tiendrois le gauche fermé. Je me plaçai vis-à-vis du premier papier, & m'en éloignai peu à peu, tenant toûjours mon œil droit arrêté deſſus; & lorſque je fus à la diſtance d'environ neuf pieds, le ſecond papier qui étoit grand de près de quatre pouces, me diſparut entièrement. Cependant je ne pouvois pas attribuer cela à l'obliquité de cet objet, d'autant que je remarquois d'autres

tres objets qui étoient encore plus à côté; de ſorte que j'euſſe pu croire, qu'on me l'avoit ſubtilement ôté, ſi je ne l'euſſe retrouvé en remuant tant ſoit peu mon œil. Mais auſſi-tôt que je venois à regarder fixement mon premier papier, cet autre qui étoit à droite, diſparoiſſoit à l'inſtant; & pour le retrouver ſans remuer l'œil, il faloit un peu changer de place. Je fis enſuite la méme expérience en d'autres diſtances, éloignant ou approchant les papiers l'un de l'autre à proportion. Je la fis encore avec l'œil gauche, en tenant le droit fermé, après avoir fait porter le papier à la gauche de mon point de vûë: de ſorte que par la ſituation des parties de l'œil, il n'y a pas lieu de douter que ce ne ſoit ſur le Nerf-optique que ſe fait ce défaut de viſion. Et c'eſt une choſe très-ſurprenante, que lorſque par cette manière on perd de vûë un rond de papier noir attaché ſur un fond blanc, on n'apperçoit aucun ombrage ou obſcurité à l'endroit où eſt le papier noir, mais le fond paroît blanc en toute ſon étenduë.

Je communiquai la découverte de ce défaut de viſion à pluſieurs de mes Amis, à qui la même choſe arriva, mais non pas toûjours ſi préciſément à même diſtance; & j'attribuai cette diverſité à la différente ſituation de leur Nerf-optique. Le R. P. de Billy fut un des premiers à qui je fis part de cette expérience. Vous l'avez faite vous-même dans la Bibliothéque du Roi, où je la fis voir à Meſſieurs de votre Aſſemblée; & vous remarquâtes comme moi cette diverſité, y en aiant eu quelques-uns, qui dans les diſtances que j'ai dites, perdirent de vûë un papier grand de huit pouces, & d'autres qui ne ceſſérent de le voir, que lorſqu'il fut un peu plus petit; ce qui ne peut venir que des différentes groſſeurs du Nerf-optique en différens yeux.

Cette expérience ainſi confirmée m'a depuis donné lieu de douter que la viſion ſe fît dans la Rétine comme je l'avois cru ſuivant l'opinion la plus commune, & m'a fait conjecturer, que c'étoit plûtôt dans cette autre membrane qu'on voit au fond de l'œil au travers de la Rétine, & qu'on appelle Choroïde: car ſi c'étoit dans la Rétine, il ſemble que la viſion ſe devroit faire par-tout, où cette Rétine ſe rencontre; & comme elle couvre tout le nerf, auſſi-bien que le reſte du fond de l'œil, il n'y auroit pas de raiſon pourquoi il ne ſe feroit point de viſion à l'endroit du Nerf-optique où elle eſt: au contraire, ſi c'eſt dans la Choroïde, on verra clairement que la raiſon pour laquelle la viſion ne ſe fait point à l'endroit du Nerf-optique, eſt parce que cette membrane part des bords de ce nerf, & n'en couvre point le milieu, comme elle fait le reſte du fond de l'œil.

Vous ſçavez les autres raiſons que j'ai déduites dans un écrit, que j'ai laiſſé dans votre Aſſemblée, & que vous pouvez revoir, leſquelles me font conclure plûtôt en faveur de la Choroïde, que de la Rétine. Vous me ferez plaiſir de m'en dire librement votre ſentiment, comme n'étant pas de ceux qui veulent donner des conjectures pour des démonſ-

trations. Je continue à faire des recherches ſur cette matière; ſi je rencontre quelque choſe digne de vous, je vous le ferai ſçavoir, &c.

A Dijon, ce ..... 1668.

RÉPONSE
DE
MONSIEUR PECQUET
A LA LETTRE DE
MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai reçû avec beaucoup de joïe la lettre que vous m'avez fait l'honneur de m'écrire au ſujet de votre obſervation, touchant le défaut de viſion qui arrive quand la peinture d'un objet tombe juſtement ſur le Nerf-optique. J'en ai fait part à nos Curieux, qui en ont été très-ſatisfaits. Chacun s'eſt étonné de voir que perſonne avant vous ne ſe ſoit apperçû de ce défaut de viſion, que tout le monde expérimente depuis que vous en avez donné la connoiſſance: car lorſque nous regardons une étoile, nous en perdons ſouvent de vûë une autre qui eſt à côté, & nous perdons même la lune toute entière, qui nous diſparoîtroit encore, quand elle ſeroit de beaucoup plus grande qu'elle n'eſt. Le hazard fait quelquefois trouver ce qu'on ne cherchoit point; je lui ſuis redevable de beaucoup de nouveautez. Mais il y a peu de gens qui en trouvent, comme vous, en les cherchant: il faut avoir pour cela un génie comme le vôtre, & des yeux auſſi clair-voïans que vous en avez.

J'ai lû vos ſentimens touchant la Choroïde. J'ai examiné les raiſons qui vous portent à croire que cette membrane eſt *le principal organe de la Viſion.* J'ai même relû l'écrit que vous laiſſates, avant votre départ, en la Bibliothéque du Roi: & je n'ai rien trouvé qui m'ait paru aſſez convaincant pour abandonner le parti de la Rétine. Et puiſque vous voulez que je vous en diſe librement ma penſée, je vous prie de la recevoir, comme un effet de ma ſincérité, & du déſir que j'ai de rechercher la vérité.

Pour

Pour ôter à la Rétine l'avantage qu'on lui donne ordinairement d'être le principal organe de la viſion, vous dites dans votre écrit, *qu'elle eſt tranſparente, & qu'elle ne reçoit que très-peu d'impreſſion de la lumière, non plus que les corps diaphanes, tels que ſont l'air & l'eau: & qu'au contraire, les corps noirs & opaques, comme eſt la Choroïde, ſont facilement échauffés par la lumière.*

Je demeure d'accord que la Rétine a quelque tranſparence. On voit au travers de cette membrane les couleurs de la Choroïde, quand elle lui eſt contigue: mais il n'y a point de comparaiſon à faire avec l'air ni avec l'eau; la tranſparence de la Rétine étant preſque ſemblable à celle du papier huilé, & un peu moindre que celle de la corne qui ſert aux lanternes. Elle eſt blanche, & ſa blancheur la rend aſſez opaque pour arrêter les eſpéces des objets autant qu'il eſt néceſſaire pour la viſion, qui ne ſe pourroit pas faire aſſez diſtinctement dans la Choroïde au travers de la Rétine: car s'il faloit que les eſpéces paſſaſſent juſqu'à la Choroïde, l'opacité de la Rétine ſeroit auſſi nuiſible à la viſion, que s'il ſe rencontroit une ſemblable opacité dans la Cornée, dans le Criſtallin, ou dans les autres humeurs de l'œil, que la nature a fait diaphanes, pour laiſſer paſſer les eſpéces juſqu'à l'organe de la vûë.

Il eſt aiſé de remarquer l'opacité de la Rétine. Il faut avoir un œil bien frais, couper doucement la Sclérotique & la Choroïde, les lever adroitement, & laiſſer la Rétine étendue ſur l'humeur vitrée; & alors on ne voit pas bien au travers de cette membrane. L'opacité de la Rétine ſe reconnoît encore, quand on la plonge dans l'eau, car elle s'y voit toute blanche, & preſque ſans tranſparence.

La noirceur de la Choroïde, que vous jugez néceſſaire pour la viſion, ne ſe rencontre pas également en toutes ſortes d'yeux. On la trouve à la vérité aux yeux des hommes: mais le degré de noirceur y eſt différent, ſuivant la diverſité des individus. Il en eſt de même des yeux des oiſeaux, & de quelques autres animaux, où cette noirceur ſe rencontre; mais aux yeux des lions, des chameaux, des ours, des bœufs, des cerfs, des brebis, des chiens, des chats, & de beaucoup d'autres animaux, nous voïons ſouvent des couleurs auſſi vives que celles de la nacre-de-perle & de l'iris, qui forment une manière de tapis dans le fond de la Choroïde, au lieu le plus expoſé aux rayons viſuels. Et quand nous ratiſſons doucement ces couleurs avec un ſcalpel, nous découvrons une ſubſtance blanche, dont cette partie eſt enduite de telle ſorte, qu'elle ne peut permettre aux eſpéces des objets de paſſer juſqu'au noir de la Choroïde, afin d'y faire l'impreſſion que vous demandez pour y produire la viſion: & il ſemble que ce noir n'a point d'uſage plus conſidérable que celui d'empécher que la lumière n'entre dans l'œil par un autre endroit que par le trou de l'Uvée antérieure, c'eſt-à-dire, par la Prunelle. Car ſi cette noirceur n'étoit pas en la Choroïde, comme un rideau derrière toute la Sclérotique; la lu-

lumière entreroit au travers de cette Sclérotique, comme au travers d'un parchemin, & allant juſqu'au fond de l'œil effacer les eſpéces des objets, empêcheroit par ce moïen la viſion de ſe faire.

Les poiſſons ont auſſi au fond de la Choroïde une couleur fort éclatante, mais d'une autre ſorte. Elle paroît comme font les brillans d'argenterie, ou le luſte des perles orientales.

Cette variété de couleurs ne ſe rencontre point dans la Rétine. Elle garde en toutes ſortes d'yeux ſa blancheur & ſon opacité; & c'eſt ce qui me perſuade qu'elle eſt plus propre à la viſion que n'eſt la Choroïde: car l'uniformité & l'indifférence qu'elle a pour toutes les couleurs, lui donne la facilité de recevoir l'impreſſion de leurs différences; ce que ne peut faire cette multitude de couleurs qui ſe trouve au fond de la Choroïde, laquelle ſe melant avec celles qui viennent des objets, ne pourroit porter au ſens de la vûë qu'une très-grande confuſion.

Quand vous dites que les corps noirs reçoivent beaucoup plus d'impreſſion de la lumière que les blancs; cela ſe doit entendre lorſque cette lumière eſt reçûe immédiatement ſur un corps noir, & ſans qu'il y ait aucun milieu qui puiſſe affoiblir ſes rayons. Le papier noir expoſé au foyer d'un miroir-ardant, eſt brûlé preſqu'en un moment. Le blanc ne ſe brûle que difficilement, ſi la lumière n'y rencontre quelque noirceur, ou quelque ordure, & quand le papier noir eſt appliqué derrière le blanc, il ne reçoit qu'une légére impreſſion de chaleur qui ne le brûle pas. Mais il ne s'agit pas ici de cette impreſſion de chaleur, ni de toutes les autres impreſſions que la lumière peut produire: il s'agit ſeulement de celle qui ſe fait en la repréſentation diſtincte des objets, qui n'a pas beſoin de chaleur, mais ſeulement d'une lumière moderée pour l'éclairer; ce qui ne ſe peut pas ſi bien faire ſur la Choroïde, que ſur la Rétine qui fait obſtacle à la Choroïde, & qui n'en a aucun devant elle, quand la Cornée & les humeurs de l'œil ne ſont point altérées.

Vous ajoûtez dans votre écrit, *Que la Rétine ne pénétre point dans le cerveau, comme fait la Choroïde, qui enveloppe le Nerf-optique au-delà de l'œil, & l'accompagne juſqu'au milieu du cerveau.*

Ce diſcours m'a un peu ſurpris: car la Rétine, comme vous ſçavez, prend ſon origine de toute l'extrémité du Nerf-optique qui aboutit au fond de l'œil, de méme qu'une fleur vient de toute l'extrémité de ſa tige. Elle eſt compoſée de filamens fort déliés, qui ne peuvent venir que de ceux du nerf. Ces filamens paroiſſent aiſément dans l'eau, quand on y plonge cette membrane; car ils ſont plus opaques que l'eau & que la Tunique muqueuſe dont ils ſont enveloppés, laquelle diſparoît dans l'eau. Ce ſont ces filamens qui lui ont fait donner le nom de Rétine, s'il en faut croire les Anatomiſtes. Elle a des veines & des artéres qui ſe gliſſent entre ces filamens, & qui ne ſont couvertes que de la Tunique muqueuſe, qui les tient liées enſemble. Et d'autant que

cette

cette Tunique muqueuſe eſt tranſparente, elle n'empêche point de voir ces vaiſſeaux quand ils ſont pleins de ſang, comme s'ils n'étoient revêtus que de leur propre membrane.

De cette compoſition & de cette origine de la Rétine, il eſt aiſé de juger quelle continuïté elle doit avoir avec le cerveau; puiſque par le moïen du Nerf-optique, dont on peut dire qu'elle eſt une production, elle tire ſa première origine de la principale partie du cerveau, qui eſt cette tubéroſité qui fait le haut de la moëlle de l'épine, d'où partent les principaux nerfs qui ſervent à nos ſens.

La Choroïde n'a pas cet avantage. Elle eſt compoſée à la vérité de la Pie-mére, & cette Pie-mére lui peut bien donner un ſentiment de douleur, qui eſt commun à toutes les membranes; mais non pas celui de la vûë, qui demande une autre impreſſion que celle qui fait la douleur. La membrane que la Pie-mére donne à la Choroïde, doit étre diaphane, comme cette Pie-mére l'eſt au-delà de l'œil, & dans le cerveau; & elle doit par conſéquent laiſſer paſſer les rayons viſuels juſqu'aux vaiſſeaux qui l'enveloppent, & qui ſont la noirceur qu'on voit en la Choroïde à cauſe du ſang qu'ils contiennent. Mais ces vaiſſeaux qui viennent du cœur, n'ont aucune aptitude pour la viſion, qui ne ſe peut faire ſans communication avec le cerveau. Ces vaiſſeaux prennent leur origine des artéres Carotides & de la Jugulaire interne; & paſſant au travers de la Sclérotique, qu'ils percent en divers endroits, ils la tiennent attachée & comme couſue avec la Choroïde, qu'ils rendent opaque, & qu'ils font reſſembler au *Chorium*, ou au *Placenta* du *Fœtus*; d'où les Anatomiſtes lui ont donné le nom de Choroïde. Parmi ces veines & ces artéres il y a auſſi quelques filamens de nerfs qui viennent des moteurs de l'œil; mais ils ne ſont pas pour ſervir à la viſion: de ſorte que je ne vois encore rien dans la Choroïde, qui lui donne autant de communication avec le cerveau, qu'en a la Retine, laquelle ne prend ſon origine que du Nerf-optique.

Vous jugez bien par ce diſcours, que je n'ai pas de peine à croire que la Choroïde eſt rendue opaque par les vaiſſeaux qui l'environnent; parce que ces vaiſſeaux ſont au-dedans de la Sclérotique, comme un rideau fort noir qui arrête la lumiére, & l'empêche de paſſer juſqu'à cette membrane déliée, qui fait ce que vous appellez Choroïde. Je ne nie pas non plus, que cette noirceur ne pût recevoir l'impreſſion de la lumiére, ſi la meilleure partie des eſpéces n'étoit arrêtée par l'opacité de la Rétine, qui eſt ſuffiſante pour retenir l'image des objets; comme nous voïons qu'elle fait quand nous regardons dans un œil recent, au haut duquel on a fait ouverture, afin d'obſerver ce qui ſe paſſe au dedans. Car nous voïons au travers des humeurs, que l'image des objets ſe peint diſtinctement ſur la ſurface antérieure de la Rétine. Nous le voïons encore mieux, quand cette ouverture eſt faite au fond de l'œil à l'oppoſite de la Prunelle, & qu'on a ſeulement laiſſé

la

la Rétine étendue ſur les humeurs: car cet œil étant appliqué au trou d'une chambre obſcure, nous voïons les images des objets arrêtées ſur la Rétine, comme nous les voïons ſur un papier huilé. Et c'eſt ce qui m'a empeché juſqu'a preſent d'abandonner ſon parti pour prendre celui de la Choroïde, juſqu'à ce que je ſois convaincu par de meilleures raiſons. Mais paſſons aux autres argumens dont vous vous ſervez dans votre écrit

Vous dites, *Qu'il eſt néceſſaire, pour faire la viſion diſtincte, que les rayons qui viennent à l'œil de chaque point de l'objet, s'uniſſent en un point ſur l'organe; & que la Rétine étant épaiſſe d'une demi ligne, ſi les rayons s'uniſſent en ſa ſurface contigue à l'humeur vitrée, ils s'entrecouperont, & tomberont en divers points, ſur ſon autre ſurface, laquelle eſt contigue à la Choroïde; & s'ils s'uniſſent ſur cette autre ſurface, ils auront paſſé par divers points de l'autre. Que s'ils s'uniſſent entre ces deux ſurfaces, au-dedans de l'épaiſſeur de la Rétine, ils tomberont en divers points ſur les deux ſurfaces; & en toutes ces manieres il ſe fera une viſion confuſe: au lieu que la Choroïde étant fort délice & opaque, elle peut recevoir en un point les rayons d'un même point lumineux.*

Je conviens avec vous, *Qu'il eſt néceſſaire pour faire la viſion diſtincte, que les rayons qui viennent à l'œil de chaque point de l'objet, s'uniſſent en un point ſur l'organe.* Mais vous devez auſſi convenir avec moi, que ce point n'eſt pas un point Mathématique, mais un point Phyſique, qui a de la grandeur, & même une grandeur conſidérable, puiſque dans la plus petite partie d'un objet que nos yeux puiſſent voir, nous en découvrons beaucoup d'autres avec le microſcope, & nous pouvons dire alors, que nous voïons l'objet beaucoup plus diſtinctement qu'auparavant, quoiqu'il ne nous parût aucunement confus. D'où il eſt évident, que ſi ce point tombe ſur la Rétine, il couvrira autant d'eſpace en la ſurface de cette membrane, qu'il ſera gros; & que s'il tombe dans l'épaiſſeur de la Rétine, il occupera du moins toute cette épaiſſeur, principalement dans l'œil de l'homme, où la Rétine n'eſt guéres plus épaiſſe qu'une feuille de papier commun, dont il faut près de vingt épaiſſeurs pour faire une ligne. Car quand vous dites que la Rétine *eſt épaiſſe d'une demi-ligne*, je ne penſe pas que vous entendiez parler de celle des yeux de l'homme; & je ne ſçai pas même en quels animaux elle a tant d'épaiſſeur, puiſque les bœufs, les chevaux, les cerfs, les lions, les ours, les ſangliers, les pourceaux, les brebis, les chiens, & les autres grands animaux, qui ſont venus juſqu'à preſent à ma connoiſſance, n'ont pas la Rétine plus épaiſſe que trois ou quatre feuilles de papier, qui ne font pas un quart de ligne. Ainſi je ne void pas que tout votre diſcours puiſſe juſques ici donner atteinte à l'opinion de ceux qui tiennent que la Rétine eſt le principal organe de la vûë.

Mais quand je vous accorderois que la Rétine auroit autant d'épaiſ-

ſeur que vous lui en donnez; cette épaiſſeur ne ſerviroit qu'à la rendre plus blanche & plus opaque, & à laiſſer moins de rayons juſqu'à la Choroïde, qui deviendroit par ce moïen moins propre à etre l'organe de la vûë.

Vous ajoûtez, *Que la Choroïde étant fort déliée & opaque, elle peut recevoir en un point les rayons d'un même point lumineux.* Je n'en douterois nullement, quand meme elle ſeroit fort épaiſſe, ſi la Rétine, qui a beaucoup d'opacité, ne lui faiſoit point d'obſtacle: mais je ſuis convaincu que cette opacité de la Rétine peut arreter l'image des objets, & les empécher de paſſer, ſi ce n'eſt peut-ètre très-foiblement, juſqu'à la Choroïde; & je ne puis m'en départir que vous n'aïez démontré le contraire. Mais venons au plus fort de vos raiſonnemens, qui eſt fondé ſur le défaut de viſion, qui arrive en l'expérience que vous nous avez fait voir.

Il s'enſuit, dites-vous, *de cette expérience, que puiſque la viſion ſe fait par-tout où eſt la Choroïde, & qu'il ne ſe fait point de viſion où la Choroïde n'eſt pas, quoique la Rétine y ſoit, cette Choroïde eſt le principal organe de la viſion, & non pas la Rétine.*

Je ſçai que la Choroïde n'eſt point étendue ſur l'extrémité du Nerf-optique. Elle eſt percée au fond de l'œil pour y laiſſer entrer ce nerf, afin de donner la naiſſance à la Rétine, qui n'eſt qu'un épanchement des filamens qui lui viennent du nerf, enveloppés d'une membrane muqueuſe, laquelle eſt arroſée par des vaiſſeaux qui lui viennent auſſi du meme nerf ou de ſa circonférence.

Je conçois au ſortir du nerf l'épanchement de ces filamens, comme celui des fibres qui ſortent de la tige d'une plante, & s'étendent de toutes parts pour former une fleur au bout de cette tige: & je conçois au milieu de l'épanchement de ces filamens un point qui doit être le centre de cet épanchement; de meme qu'au milieu d'une houpe à poudrer qui eſt renverſée, & dont les fils ſont épars de tous côtez, il y a un point qui eſt le centre de tous ces fils.

Cet épanchement des filamens qui compoſent la Rétine, ſe peut concevoir en deux manières. La premiére eſt en s'imaginant que tous les filamens qui ſont les plus proches du centre du Nerf-optique, vont aboutir préciſément à ſa circonférence, après l'avoir également couverte en s'épanchant de tous côtez, ſans qu'aucun de ces filamens aboutiſſe dans l'étenduë du nerf, avant que d'etre arrivé à ſa circonférence; & que les autres filamens du Nerf-optique vont aboutir plus loin dans toute l'étenduë de la Rétine, à proportion qu'ils ſont éloignés du centre du nerf, quand ils en ſortent; & qu'ainſi toute la ſurface interne de la Rétine eſt compoſée de l'aboutiſſement de tous ces filamens, à la réſerve de l'étenduë de cette extrémité du nerf où n'aboutit aucun filament. Cela étant conçû de la ſorte, ſi l'on ſuppoſe, comme font quelques-uns de nos Philoſophes modernes, que la viſion

ne ſe fait que lorſque les rayons viſuels tombent ſur l'extrémité de quelqu'un de ces filamens; on pourra rendre raiſon de votre expérience. Car toute l'étenduë de cette extrémité du nerf n'aiant aucun aboutiſſement des filamens depuis ſon centre juſqu'à ſa circonférence, ne recevra l'impreſſion des rayons viſuels néceſſaire à la viſion, que ſur cette circonférence; ce qui ſera cauſe qu'on ne verra point l'objet dont les eſpéces tomberont au dedans de la meme circonférence. Mais d'autant que cet aboutiſſement des filamens de la Rétine eſt peut-étre un effet de l'imagination auſſi-tôt que de la nature, n'y aiant pas trop de raiſon de ne faire aboutir aucun filament entre le centre du nerf & ſa circonférence & méme dans le milieu du centre; je ne void pas aſſez de certitude en cette opinion, pour être obligé de la ſuivre.

L'autre manière de concevoir l'épanchement des filamens de la Rétine eſt de ſe les imaginer allant tous aboutir aux extrémitez de cette tunique, comme font les fibres de la plante aux extrémitez de ſa fleur, ou comme les fils d'une houpe renverſée aux extrémitez de l'étenduë de cette houpe: auquel cas il faut de néceſſité qu'on s'imagine au milieu de ces filamens un point d'où ils commencent de s'écarter, & qu'on y conçoive quelque profondeur ſemblable à celle qu'on voit au milieu de la houpe. Et ſi l'on conſidére de quelle façon les rayons viſuels tombent à l'endroit de ce point & aux environs, lorſqu'on fait votre expérience; on trouvera qu'ils y tombent d'une autre maniere qu'aux endroits de ces memes filamens où la viſion ſe fait: car ceux-ci ſont frappés directement, & ceux qui ſont aux environs du point à l'endroit le plus profond, ne ſont point du tout frappés, ou ils le ſont ſi obliquement, que cela pourroit cauſer le défaut de viſion, principalement quand l'objet n'eſt pas trop lumineux; car ceux qui le ſont, comme eſt une chandelle lorſqu'on la voit éloignée de quatre ou cinq pas, ne ſe perdent pas ſi abſolument qu'on n'en apperçoive la lumière.

Mais il y a encore à l'endroit du Nerf-optique une choſe, qui pourroit bien cauſer cette perte d'objet. Ce ſont les vaiſſeaux de la Rétine, dont les troncs ſont aſſez gros pour faire obſtacle à la viſion.

Ces vaiſſeaux, qui ne ſont que des rameaux de veines & d'artéres, tirent leur origine du cœur; & n'aiant point de communication avec le cerveau, n'y peuvent pas porter les eſpéces des objets. Si donc les rayons viſuels qui partent d'un objet, tombent ſur ces vaiſſeaux à l'endroit de leur tronc; il eſt conſtant que l'impreſſion qu'ils y feront, ne produira point de viſion, & que la peinture de cet objet y ſera défectueuſe, comme il arrive ſur le papier blanc dans une chambre obſcure, quand il y a en ce papier quelque tache noire ou quelque trou d'une grandeur conſidérable; car plus cette noirceur ou ce trou ſont ſenſibles, plus ils dérobent à nos yeux de l'image des objets.

Il n'en eſt pas de méme à l'égard des petits rameaux qui partent de ces

ces troncs, pour ſe repandre dans la Rétine. Car quand ils ſe rencontreroient, comme il arrive ſouvent, à l'endroit du fond de l'œil où ſe fait la viſion diſtincte, ils ne rendroient point l'image de l'objet défectueuſe, parce qu'ils ſont ſi petits, qu'ils ne ſont pas ſenſibles. C'eſt ainſi que dans nos miroirs, quand ils manquent de plomb ou d'étain en quelque endroit aſſez grand pour s'en appercevoir, l'image que nous y voïons, paroît trouée; ce qui n'arrive pas quand il n'y a qu'un petit trou, comme pourroit être celui que feroit la pointe d'une aiguille.

Je ſçai bien que l'impreſſion d'une image qui ſe fait dans l'œil ſur la Rétine, ou ſur le papier blanc dans une chambre obſcure, eſt bien différente de celle que nous voïons dans nos miroirs. Car l'image ſe peint ſur la ſurface de la Rétine & du papier, comme ſi c'étoit un véritable tableau qu'on voit toûjours au même endroit, de quelque part qu'on le regarde: mais l'image ne ſe peint point du tout ſur la ſurface de nos miroirs; elle ſe peint ſeulement dans nos yeux, & paroît auſſi éloignée derrière la glace, que l'objet qui envoie ſon image ſur cette glace, en eſt éloigné en effet. D'où il eſt aiſé de juger que les miroirs ne reçoivent point d'impreſſion des rayons viſuels, d'autant que ces rayons ne s'y arrêtent pas, mais ſeulement s'y réfléchiſſent, & que l'objet ne s'y voit que par ces rayons reflechis, qui en portent l'image dans les yeux.

Ainſi toutes les fois que l'eſpéce d'un objet tombera ſur les troncs des vaiſſeaux de la Rétine, elle s'y perdra ſans doute, à proportion que ces troncs ſeront gros: & cette perte ſera dans le total de l'image un défaut, qui paroîtra plus ou moins diſtant du papier que vous établiſſez pour le point fixe de votre expérience, ſuivant que ces troncs des vaiſſeaux ſeront plus ou moins éloignés de l'axe des rayons, qui tombe au fond de l'œil, à l'endroit où la viſion ſe fait le mieux; étant certain qu'en toutes ſortes d'yeux, ils ne ſont pas toûjours également diſtans de cet axe: car ſouvent ces vaiſſeaux entrent dans la Rétine par le centre du nerf, quelquefois par la circonférence, & quelquefois auſſi par l'eſpace qui eſt entre le centre & la circonférence. Et ce pourroit bien être la raiſon pour laquelle nous remarquons qu'il faut éloigner plus ou moins le papier qu'on perd de vûë, ſuivant la diverſité des perſonnes qui font cette expérience: car les uns perdent ce papier à la diſtance de deux pieds, les autres à moins de deux pieds, & les autres à une diſtance plus grande; les uns le perdent un peu plus haut, & les autres un peu plus bas, ſelon que les troncs des vaiſſeaux ſont ſitués à l'égard du Nerf-optique; & les uns en perdent davantage que les autres, ſelon que les vaiſſeaux ſont plus ou moins gros, car leur groſſeur eſt auſſi différente que les tempéramens des individus. Et parce qu'il eſt difficile de déterminer préciſément le lieu où l'objet ſe perd dans toutes ſortes d'yeux, nous avons ſujet de croire

que cette perte ne ſe fait pas toujours ſur l'étenduë du nerf où eſt la Rétine, mais qu'elle ſe fait quelquefois hors de cette étenduë où la Choroïde ſe trouve. Car les troncs des vaiſſeaux de la Rétine ſont aſſez gros & aſſez longs pour s'étendre au-deça ou au-delà du nerf, & cacher par ce moïen quelque partie de la Choroïde, à proportion de leur grandeur; & en ce cas il ſera vrai de dire que la viſion ne ſe fait point en tous les endroits où la Choroïde ſe trouve, quoiqu'ils ſoient expoſés à la lumière; ce qui pourroit bien donner une atteinte à votre opinion: car vous ne pouvez pas douter que ces troncs n'empêchent alors les eſpéces des objets qui tomberont deſſus, d'aller juſqu'à la Choroïde, & que l'image ne ſoit défectueuſe en cet endroit, d'autant que ces eſpéces ne pourront faire impreſſion ſur l'organe de la viſion au travers de ces vaiſſeaux.

Voilà, Monſieur, les principales raiſons de mes doutes touchant cet organe de la viſion. Je vous avoue que votre expérience m'auroit déja déterminé en faveur de la Choroïde, ſi ces vaiſſeaux de la Rétine, & l'opacité de cette membrane ne me tenoient encore en ſuſpens. Car je ne puis quitter l'opinion commune, pour en embraſſer une autre qui n'eſt point démontrée, & qui demeure problématique. J'eſpére que vous me donnerez de nouvelles lumières qui me convaincront facilement, aiant toute l'inclination poſſible de ſuivre vos ſentimens, auxquels je déférerai toûjours avec reſpect.

Une belle decouverte comme la vôtre ne pouvoit pas manquer d'être bien-tôt confirmée; car comme le ſecret de votre expérience eſt de faire que la peinture d'un objet tombe juſtement ſur le Nerf-optique, ou aux environs de ce nerf; M. Picard s'eſt aviſé d'une manière par laquelle on perd un objet en tenant les deux yeux ouverts, à cauſe qu'on fait tomber l'image ou la peinture de cet objet ſur les deux Nerfs-optiques en même tems; & voici comment:

TAB. XXII. Il faut attacher contre une muraille un rond de papier blanc A de la grandeur d'un pouce ou deux, & à côté de ce papier faire deux marques B C ſur la muraille, l'une à droite & l'autre à gauche, chacune éloignée d'environ deux pieds; puis ſe placer directement devant le papier à la diſtance de neuf pieds ou environ, & mettre le bout de ſon doigt vis-à-vis de ſes deux yeux, comme en D, en ſorte qu'il cache à l'œil droit la marque gauche faite à côté du papier, & à l'œil gauche la marque droite. Si l'on demeure ferme en cette poſture & que l'on regade fixement des deux yeux le bout de ſon doigt, le papier qui n'en eſt nullement couvert, diſparoîtra entiérement; ce qui doit etre d'autant plus ſurprenant, que ſans la rencontre particuliére des nerfs-optiques E F où il ne ſe fait point de viſion, & ſur leſquels les rayons A E, A F, tombent quand on perd de vûë le papier A, le papier paroîtroit double, comme on éprouvera toutes les fois que le doigt ne ſera pas placé comme il faut, ou que la vûë ſe portera tant ſoit

ſoit peu à côté, dont la raiſon vous eſt aſſez connue ſans qu'il ſoit beſion de l'expliquer ici.

L'application de cette manière à la vôtre eſt facile: car quand on regarde fixement des deux yeux le bout de ſon doigt qu'on a poſé au devant des marques, c'eſt tout de même que ſi on pointoit chaque œil en particulier à l'endroit qu'il faut regarder pour perdre le papier; de ſorte qu'on fait avec les deux yeux la même choſe que ce que vous faites avec un, en tenant l'autre fermé, &c.

SECONDE LETTRE

DE

MONSIEUR MARIOTTE

A

MONSIEUR PECQUET,

POUR MONTRER QUE LA CHOROIDE EST LE PRINCIPAL ORGANE DE LA VUE.

MONSIEUR,

J'ai vû dans votre réponſe les raiſons qui vous empêchent de croire que la Choroïde eſt le principal organe de la vûë; mais je ne les ai pas trouvées aſſez fortes, pour m'obliger à rendre cet avantage à la Rétine, quoiqu'elles aient beaucoup de ſubtilité & de vrai-ſemblance.

Vous dites dans votre première objection, que *ſi on lève la Sclérotique & la Choroïde d'un œil bien frais, & qu'on laiſſe la Rétine étenduë ſur l'humeur vitrée, alors on ne voit pas bien au travers de cette membrane*; d'où vous concluez qu'elle n'a pas aſſez de tranſparence pour laiſſer paſſer ſur la Choroïde une lumière ſuffiſante pour la viſion. Je ne demeure pas d'accord de cette conſéquence, puiſqu'il peut y avoir beaucoup de différence entre la Rétine d'un animal mort expoſée à l'air, & celle d'un animal vivant exactement enfermée entre l'humeur vitrée & la Choroïde. Les diverſes diſpoſitions changent ordinairement les qualitez des choſes: la graiſſe, qui eſt tranſparente étant fonduë, devient opaque en ſe refroidiſſant; & la Cornée d'un animal qu'on tient quelques heu-

res dans un air chaud, devient trouble, & peu à peu entièrement opaque. Mais, afin que vous puiſſiez être perſuadé que la Choroïde eſt ſuffiſamment éclairée dans un animal vivant, il faut prendre un œil encore tout chaud d'un bœuf fraichement tué, & le couper en deux, un peu au-deſſous du Criſtallin, en ſorte qu'une bonne partie de l'humeur vitrée demeure étendue ſur la Rétine: alors vous verrez diſtinctement les diverſes couleurs de la Choroïde, la baſe du Nerf-optique, les troncs de petits vaiſſeaux qui en ſortent, & leur épanchement dans l'épaiſſeur de la Retine, avec tant de netteté, que vous ne pourrez même diſcerner s'il y a une Rétine au-delà de l'humeur vitrée. D'où vous pourrez juger, que la lumiere que les objets envoient ſur la Choroïde, eſt plus que ſuffiſante pour y produire la viſion, puiſque venant à vos yeux par réflexion, & par un ſecond paſſage au travers de la Rétine & de l'humeur vitrée de l'œil coupé, elle eſt encore aſſez forte pour vous faire voir clairement & diſtinctement la même Choroïde.

Ce n'eſt pas que je nie que la Rétine n'ait quelque blancheur dans un animal vivant, & qu'elle ne ſoit un peu moins tranſparente que les autres humeurs; principalement dans la partie contigue à la Choroïde: & la nature l'a pu faire ainſi, pour adoucir l'éclat des grandes lumières, & empecher l'éblouiſſement; de même qu'elle a étendu ſur notre peau un épiderme inſenſible, pour empecher qu'elle ne fût trop facilement bleſſée par les corps qui nous touchent, & par l'excès du chaud & du froid. Mais, quand je nierois abſolument que la Rétine eût aucune opacité dans un animal vivant, votre expérience ne me convaincroit pas, puiſqu'elle ne ſe fait que ſur une Rétine, dont les parties les plus ſubtiles & les plus tranſparentes ſont évaporées: & je donnerois pour exemple un papier blanc, au travers duquel, lorſqu'il eſt mouillé, on voit aſſez diſtinctement les objets qui lui ſont contigus; & qui reprend ſa premiére opacité, lorſqu'il eſt un peu de tems expoſé à l'air. Et ſi cet exemple ne ſuffiſoit, j'alléguerois le petit Criſtallin qui ſe trouve au milieu du Criſtallin de beaucoup d'animaux, & qui en eſt comme le noyau, lequel étant auſſi tranſparent que les autres humeurs de l'œil dans un animal vivant, devient, deux ou trois jours après ſa mort, blanc & opaque, quoiqu'il ſoit encore enfermé dans l'œil, & que le Criſtallin extérieur demeure encore traſparent.

Votre ſeconde expérience pour prouver l'opacité de la Rétine, qui eſt de la plonger dans l'eau, eſt encore extrêmement trompeuſe. Car vous ne doutez pas que l'Hyaloïde, qui enveloppe l'humeur vitrée, ne ſoit parfaitement tranſparente; & toutefois, ſi vous mettez dans de l'eau une partie de l'humeur vitrée, les parties de l'Hyaloïde qui y ſont attachées, y paroîtront blanchatres & troubles comme de la toile d'araignée, quoique l'humeur vitrée conſerve ſa tranſparence. Ce n'eſt donc pas une bonne épreuve pour ſçavoir ſi la Rétine eſt opaque dans un animal vivant, que de la plonger dans l'eau; & à quelque épreuve que

que vous puiſſiez la mettre, après qu'elle a été expoſée à l'air, vous n'en pourrez tirer aucune conſéquence pour prouver qu'elle eſt opaque dans ſon etat naturel: car le Criſtallin-meme devient un peu trouble dans l'eau; & ſi on l'y laiſſe quelque tems, ou qu'on l'expoſe à la gelée, il devient blanc & opaque comme de la neige.

Ainſi, pour réſoudre notre different, & ſçavoir avec certitude ſi la lumière des objets paſſe preſque toute entière juſques à la Choroïde, ou ſi elle eſt preſque toute arretée par la Rétine; il eſt néceſſaire d'apporter des obſervations faites ſur la Rétine & ſur la Choroïde, lorſqu'elles ſont en leur état naturel, comme eſt l'obſervation ſuivante:

Mettez de nuit une chandelle allumée fort près de vos yeux, & faites qu'un chien éloigné de huit ou dix pas vous regarde: alors vous verrez dans ſes yeux une lumière aſſez éclatante, que je ſoûtiens proceder de la réflexion de la lumière de la chandelle, dont l'image eſt peinte ſur la Choroïde du chien, laquelle aiant beaucoup de blancheur fait cette réflexion très-forte; car ſi elle procedoit du Criſtallin, ou de la Rétine, on verroit les memes apparences dans les yeux des hommes & dans ceux des oiſeaux, & des autres animaux, qui ont la Choroïde noire.

Il eſt donc manifeſte, par cette expérience, que les rayons lumineux paſſent avec beaucoup de force juſques ſur la Choroïde, & que la Rétine en reçoit fort peu d'impreſſion; & voici comme ſe fait cette apparence: La petite peinture de la chandelle, qui eſt ſur la Choroïde, où eſt le foyer du Criſtallin & des autres humeurs enſemble, envoie des rayons au travers de ces humeurs, qui ſe réuniſſent réciproquement vers la chandelle; & par conſéquent les yeux qui en ſont proches, doivent voir le Criſtallin du chien fort illuminé. Les Opticiens en ſçavent la démonſtration; & ceux qui ne ſçavent pas l'Optique, pourront voir un effet entièrement ſemblable par une expérience très-facile.

Il faut placer une bouteille ſphérique de verre pleine d'eau très-claire, à huit ou dix pas d'une chandelle, & mettre un papier blanc derrière la bouteille environ à la diſtance de ſon demi diamétre, en ſorte que la lumière de la chandelle qui a paſſé à travers la bouteille, ſoit réunie en un petit eſpace ſur le papier: alors ceux qui auront les yeux proches de la chandelle, verront la bouteille pleine de lumière, & cette lumière diſparoîtra, ſi l'on approche ou recule le papier de la bouteille: & ſi l'on met une bougie allumée au lieu du papier, & qu'on tienne l'œil en la place de la chandelle après l'avoir ôtée, on verra encore la bouteille plus illuminée qu'auparavant; & l'on pourra juger facilement que la lumière qui paroît dans l'œil du chien, procéde d'une cauſe ſemblable. Vous pourrez vous confirmer en cette penſée, ſi vous mettez la chandelle à côté, en ſorte que votre viſage en ſoit fort éclairé, & qu'elle ne luiſe point ſur le chien; car vous verrez alors beaucoup de lumière dans ſes yeux: mais ſi vous mettez quelque corps opaque de-

devant votre viſage pour le couvrir de la chandelle, cette lumière diſparoitra; ce qui vous fera connoître manifeſtement, qu'elle procéde de l'image de votre viſage qui paroît dans ſes yeux, & que c'eſt ſur la Choroïde qu'elle eſt peinte, par la raiſon que j'ai dite ci-deſſus. On peut faire la même experience dans les yeux de pluſieurs autres animaux, & particuliérement dans ceux des chats, où cette lumière paroît bleuâtre; ce qui fait voir qu'elle procéde de leur Choroïde, qui a beaucoup de cette couleur; mais cette couleur, ni aucune autre qui ſoit dans la Choroïde, ne cauſe point de confuſion au ſens de la vûë, puiſque les ſens ne reçoivent point d'impreſſion de leurs propres organes.

Le reſte de cette première objection n'a preſque point d'autre fondement, qu'une interpretation contraire à ma penſée, que vous donnez à quelques mots de mon écrit. Car, lorſque j'ai dit que les corps noirs & opaques reçoivent beaucoup d'impreſſion de la lumière, je n'ai pas entendu les opaques & noirs tout enſemble; il m'eût ſuffi de dire les corps noirs, puiſque tous les corps noirs ſont opaques. Mais ma penſée a été, & eſt encore ſur ce ſujet, que les corps tranſparens, comme l'air, l'eau, & la Rétine dans un animal vivant, reçoivent peu d'impreſſion de la lumière, & que les opaques en reçoivent beaucoup; mais que les noirs en reçoivent plus que les autres opaques, & l'air & l'eau un peu moins que la Rétine. Je ne crois pas auſſi que la noirceur ſoit abſolument néceſſaire dans la Choroïde pour la viſion, mais ſeulement pour une plus forte viſion, ni que la peinture des objets y doive être exprimée; car il ſuffit que les rayons de chaque point des objets s'y réuniſſent en un point diſtinct & ſeparé, ſoit qu'ils s'entrerépondent. Et vous demeurerez facilement d'accord, que comme une loupe de verre fort convexe fait paroître l'image du ſoleil réunie ſur du papier blanc avec beaucoup d'éclat & de lumière, & ſur du papier noir fort obſcurement, quoique le papier noir, où le feu ſe prend d'abord, en reçoive beaucoup plus d'impreſſion que le blanc: ainſi les rayons des objets illuminés, ſe réuniſſant par le moien du Criſtallin ſur une Choroïde blanchatre, y forment une peinture viſible, & une très-obſcure ſur une Choroïde noire; mais auſſi l'impreſſion eſt bien plus forte dans la noire que dans la blanche. Et c'eſt la cauſe pourquoi les hommes & les oiſeaux voïent mieux & plus diſtinctement que la plûpart des autres animaux: car leur Choroïde étant noire, & par conſéquent très-ſenſible à la lumière, ils étréciſſent beaucoup leur Prunelle; ce qui fait que les rayons qui y paſſent de chaque point des objets, ſont tous fort proches de l'axe du Criſtallin, & ſe réuniſſent plus exactement dans un point que dans les yeux de la plûpart des animaux qui ont la Choroïde blanchâtre vers l'axe de la vûë, & par conſéquent moins ſenſible à la lumière, & qui tiennent en recompenſe la Prunelle de leurs yeux fort dilatée, lorſqu'ils ont beſoin d'une grande lumière; ce

ce qui empêche leur viſion d'être diſtincte, à cauſe que les rayons qui tombent ſur l'extrémité du Criſtallin, coupent l'axe trop près en leur réfraction. Il eſt vrai que pour ſuppléer en quelque façon à ce défaut, ils ont un petit Criſtallin au milieu du grand; & ce petit Criſtallin étant d'une conſiſtence plus épaiſſe que celle du grand, ſa réfraction eſt auſſi plus forte, & fait que les rayons qui viennent d'un point hors de l'œil, & tombent ſur le Criſtallin près de l'axe de la vûë, ſe rompent davantage en paſſant par ce petit Criſtallin, & par ce moïen ſe réünifſent mieux au fond de l'œil avec les rayons qui tombent ſur l'extrémité du grand Criſtallin; ce qui rend leur viſion moins confuſe, quoiqu'elle ne ſoit jamais ſi diſtincte que celle des hommes & des oiſeaux, qui n'ont qu'un Criſtallin. Les poiſſons ont auſſi un double Criſtallin; car autrement leur viſion ſeroit encore plus confuſe que celle des animaux qui vivent dans l'air: parce que leur Criſtallin étant ſphérique, les rayons coupent l'axe plus inégalement que s'il étoit lenticulaire; & s'il n'étoit ſphérique, ſon foyer ſe feroit très-loin, à cauſe que la réfraction des rayons qui paſſent de l'eau dans le Criſtallin, eſt très-petite.

La difficulté de votre ſeconde objection vient encore d'une équivoque, & conſiſte à ſçavoir ce qu'on doit dire avoir une plus grande continuïté & communication avec le cerveau. Mon hypothèſe eſt, que les nerfs ſont tous revêtus de la Pie-mére, qui enveloppe toute la moelle de l'épine, & ont avec elle une même continuïté de fibres, en ſorte que pour peu que les nerfs ſoient émûs, l'impreſſion en eſt portée juſques au cerveau par la continuïté de ces fibres. Et ſoit que leur tiſſure ſoit différente dans les nerfs des divers ſens, ou que les nerfs contiennent quelques liqueurs ſpiritueuſes, qui déterminent leurs ſenſations par quelques différences qu'elles ont entre elles: il eſt certain que les nerfs de la vûë, de quelque façon qu'ils ſoient émûs, repréſentent des couleurs & des lumières; ceux de l'ouïe, des ſons; & ceux du tact, des douleurs, &c. Or la Choroïde eſt un épanchement & une dilatation de la Pie-mére, qui enveloppe intérieurement le Nerf-optique; & qui vient par une continuïté de fibres de la tubéroſité de la moelle de l'épine qui eſt dans le cerveau: d'où il s'enſuit, que pour peu que la Choroïde ſoit touchée, l'impreſſion ſe peut facilement communiquer dans le cerveau. Et afin qu'on puiſſe dire la même choſe de la Rétine, il faudroit qu'il y eût un petit canal dans le Nerf-optique, par où la Rétine en ſa propre ſubſtance s'étendît juſques à cette tubéroſité par une continuïté de fibres; ce qui ne ſe voit pas; & vous êtes contraint de dire *qu'il y a de petits filamens de ce Nerf qui ont cette continuïté.* Mais s'il y avoit de ces filamens, ils s'épancheroient dans la Rétine, comme d'un centre à une circonférence, & ſeroient bien plus preſſés vers le Nerf-optique; ce qu'on n'a point encore remarqué; & avec quelque microſcope qu'on regarde la Rétine, on n'y découvre jamais aucuns filamens, mais elle paroît d'une conſiſtence uniforme comme l'humeur

vitrée, & doit être conſidérée comme une quatriéme humeur coulée & paſſée au travers des pores du Nerf-optique, ſans en contenir aucun filament. Il eſt vrai qu'en faiſant paſſer une épingle par l'épaiſſeur de la Rétine, on rencontre ſouvent des filamens : mais, ſi on les regarde au travers d'une loupe de verre fort convexe, on découvre qu'ils aboutiſſent aux petits vaiſſeaux des veines & des artéres qui ſont dans la Rétine; & infailliblement, s'il y avoit de petits nerfs, on les rencontreroit de même, & ils arréteroient l'épingle, puiſqu'ils ſeroient auſſi fermes que les petites artéres. Et quand vous dites qu'on diſtingue ces filamens dans l'eau, parce que le reſte de la Rétine diſparoît, cela repugne à l'expérience, & à ce que vous avez dit auparavant, qu'on voit dans l'eau la Rétine toute blanche & ſans tranſparence; & c'eſt à vous & à ceux de votre opinion de trouver d'aſſez bons microſcopes pour faire voir ces filamens; autrement, on les doit tenir pour une choſe inventée à plaiſir.

Vous apportez enſuite deux expériences, dont la premiére eſt, que ſi l'on fait une ouverture au haut de l'œil, on peut découvrir la peinture des objets ſur la ſurface antérieure de la Rétine. Mais, ſi par le haut de l'œil vous entendez la Cornée, ou le blanc de l'œil qui lui eſt contigu; l'humeur aqueuſe s'écoulera par l'ouverture que vous y ferez, & la Cornée fera des rides, qui empécheront la peinture d'être diſtincte: outre que celui qui regardera par cette ouverture, empéchera que les rayons des objets ne paſſent dans l'œil, de maniére qu'il n'y pourra voir que ſa propre image. Que ſi vous entendez qu'on ôte la Cornée entiérement, le même inconvénient arrivera, & même il n'y aura plus aſſez de diſtance entre le Criſtallin & la Rétine pour y faire la peinture diſtincte. Enfin, je ne crois pas qu'on puiſſe venir à bout de cette expérience, & encore moins de diſcerner ſi c'eſt en la ſurface antérieure de la Rétine, ou en la poſtérieure que ſe forme cette peinture, puiſqu'elle a moins d'une demi ligne d'épaiſſeur; & il y a lieu de croire que vous vous êtes fié au rapport d'autrui de cette expérience, ou que vous avez cru que les images qui paroiſſent dans les yeux, ſont peintes ſur la Rétine, au lieu qu'elles procédent de la réflexion qui ſe fait ſur l'extérieur de la Cornée.

La ſeconde de vos expériences eſt véritable & facile à faire; mais, ſelon votre opinion, elle ſeroit impoſſible. Car puiſque vous ſoûtenez que c'eſt dans la partie antérieure de la Rétine qu'on voit la peinture, & qu'ailleurs vous avez dit qu'on ne voit pas bien au travers de cette membrane; il s'enſuit que vous ne pourrez voir cette peinture à travers l'épaiſſeur de la Rétine: mais parce que je crois qu'il reſte encore aſſez de tranſparence dans la partie de la Rétine, qui n'eſt pas expoſée à l'air, je ne doute point que la peinture ne puiſſe être vûe ſur la partie poſtérieure. Car quand même la Rétine ſeroit ôtée & qu'il ne reſteroit que l'humeur vitrée, on ne laiſſeroit pas de voir une peinture

ture renverſée des fenétres vers la circonférence de l'humeur vitrée, en tenant cet œil dans le fond d'une chambre ; de la même façon qu'on voit cette peinture dans le foyer d'une bouteille ſphérique de verre pleine d'eau, quoiqu'il ſemble qu'on la voïe ſur la ſurface extérieure du verre; c'eſt ce qui détruit entiérement la conſéquence que vous en voulez tirer.

Dans la troiſiéme de vos objections vous citez ce que j'ai dit, un peu autrement que je ne l'ai dit. Car j'ai mis dans mon écrit que la Rétine avoit environ une demi ligne d'épaiſſeur, & non pas une demi ligne préciſément, qui eſt une marque que je ne l'avois pas meſurée exactement. Mais quand elle n'auroit qu'un quart de ligne, & encore moins, il ſuffit qu'elle en ait aſſez pour l'effet que je lui attribue, & pour un autre dont j'ai auſſi parlé dans mon écrit, qui eſt, que les rayons d'un meme point lumineux qui ne s'uniroient pas préciſément en un même point dans l'axe, ſont redreſſés par la concavité de la Rétine, les plus éloignés de l'axe, davantage que ceux qui en ſont les plus proches; ce qui fait qu'ils ſe réüniſſent mieux en un même point ſur la Choroïde; lequel point je tiens avec vous étre un point Phyſique, puiſque le point objectif l'eſt auſſi: mais je ſoûtiens qu'il eſt plus petit qu'aucun qui puiſſe etre perceptible à la vûë. Car nous diſtinguons les diverſes parties des objets très-petits, comme les extrémitez de largeur des petites artéres de la Rétine, qui n'ont pas la huitiéme partie de ſon épaiſſeur; & ce qui repréſente cette petite largeur dans l'organe de la vûë, ne lui eſt pas égal, comme vous le prétendez: mais il doit étre vingt-cinq ou trente fois plus petit, c'eſt-à-ſçavoir, en la proportion de la diſtance de l'objet au centre de la vûë, & de la diſtance de ce centre juſques à l'organe de la vûë; & par conſéquent l'épaiſſeur de la Rétine n'eſt pas propre pour cette petiteſſe.

Vous voïez donc, Monſieur, que juſques ici vos objections ne peuvent donner aucune atteinte à mon opinion, & que la tranſparence de la Rétine eſt aſſez bien établie. Venons maintenant à la preuve que je tire du défaut de viſion ſur la baſe du Nerf-optique.

Il faut premiérement demeurer d'accord, que dans cette expérience preſque tous les hommes perdent de vûë un rond de papier blanc tout entier, dont le diamétre eſt la neuviéme ou dixiéme partie de ſa diſtance juſqu'à l'œil. Or le triangle viſuel dont le diamétre de ce papier eſt la baſe, & le ſommet le centre de la vûë, eſt proportionnel au triangle, dont la baſe eſt le diamétre de la peinture de ce papier ſur le fond de l'œil, & le ſommet le même centre de la vûë; lequel centre étant éloigné de ſix ou ſept lignes de la baſe du Nerf-optique, dont la largeur eſt environ de trois quarts de ligne, cette baſe ſera auſſi environ la neuviéme ou dixiéme partie de ſa diſtance, juſques au centre de la vûë. Et par les principes de l'Optique, l'image du rond de papier tombant ſur la baſe du nerf, la couvrira préciſément; & puiſqu'alors

le papier diſparoît entièrement, il s'enſuit que toute la baſe du Nerf-optique eſt inſenſible à la lumière. D'où je conclus, que la Choroïde eſt le principal organe de la vûë, puiſque ſon abſence cauſe le défaut de viſion; & que la Rétine ne l'eſt pas, puiſqu'elle ſe trouve en cet endroit, & qu'elle y paroît diſpoſée de même qu'au reſte du fond de l'œil.

Pour éluder la force de cet argument, vous apportez d'autres cauſes de ce défaut de viſion : les deux premières ſont preſque ſemblables; mais il me ſemble que vous les ſuppoſez ſans fondement. Car, comme il a été dit ci-deſſus, on ne voit point de filamens de nerfs ſortir de la baſe du Nerf-optique; & même ils ne ſeroient pas propres pour la viſion, puiſqu'ils laiſſeroient dans quelques parties de la Rétine de trop grands intervalles vuides ; & il faut que chaque point des objets rencontre un point ſenſible dans l'organe de la vûë, pour y réünir ſes rayons; ce qui ſe trouve dans la Choroïde, qui eſt un épanchement de la partie ſenſible du nerf en une membrane continue. D'ailleurs, les cauſes du défaut de la viſion ne ſe peuvent trouver dans ces hypothèſes. Car dans la première, quelle raiſon pourroit-on donner de ce qu'il n'y auroit point d'extrémitez de ces filamens à l'oppoſite du Nerf-optique, puiſqu'il ne faudroit qu'une ſimple continuation directe de quelques-unes de ſes fibres, juſques à la partie antérieure de la Rétine? Et pour la ſeconde, qui eſt votre opinion particulière, je demeure bien d'accord que le vuide de votre houpe renverſée pourroit cauſer le défaut de viſion vers le centre de la baſe du nerf: mais je ne vois pas pourquoi ces filamens, qui, ſelon vous, couvrent le reſte de la baſe, ſeroient en cet endroit inſenſibles à la lumière; puiſqu'il n'eſt pas néceſſaire pour la viſion, que les rayons tombent directement ſur l'organe de la vûë, & qu'il ſuffit que ceux d'un même point lumineux s'y réüniſſent en un point; étant facile de juger qu'il n'y a qu'un ſeul rayon de ceux qui concourent à un point, ſoit ſur la Rétine, ſoit ſur la Choroïde, qui puiſſe y tomber directement. Mais je ne m'étend pas davantage ſur ce ſujet, puiſque je crois que cette houpe renverſée, & ces filamens qui la compoſent, ne ſont qu'une choſe ſans fondement, & que vous ne ſçauriez faire voir.

L'autre cauſe que vous apportez, eſt le tronc des vaiſſeaux qui ſortent de la baſe du nerf: mais vous ne pouvez pas nier qu'ils ne ſoient très-petits, & qu'on a de la peine à diſcerner les petits trous par où ils paſſent, lorſqu'on coupe le nerf plus haut que ſon inſertion dans l'œil: & parce que ſouvent ils ſortent de la baſe par deux petits trous différens, le diamétre de chacun deſquels n'occupe pas la huitième partie de celui de la baſe; il s'enſuit que ſi le reſte de la baſe du nerf étoit ſenſible à la lumière, on ne perdroit de vûë en une diſtance de dix pieds, qu'un papier de deux pouces de diamétre tout au plus, & quelquefois en fixant un œil ſur un petit papier, il en diſparoîtroit deux autres

Digitized by

autres très-petits, séparés l'un de l'autre, sans perdre de vûë ce qui seroit entre-deux; ce qui repugne à l'expérience. Ainsi les causes que vous alléguez de ce défaut de vision, étant ou sans fondement, ou insuffisantes; il s'ensuit que celle que je donne, subsiste toûjours, du moins à votre égard: & pour la confirmer encore davantage, j'ajoûterai ici quelques observations & quelques raisonnemens qui ne sont ni dans ma lettre, ni dans mon écrit.

La première observation, qui est fort commune, est que la Prunelle se dilate à l'ombre, & s'étrécit à la vûë d'une grande lumière; & il est difficile de trouver la cause de ce mouvement involontaire, qu'en supposant que la Choroïde est sensible à la lumière: car alors il est aisé de juger qu'étant blessée par une vision trop forte, elle peut dilater, ou resserrer ses fibres, qui sont continues avec celles de l'Uvée antérieure, en sorte qu'elle étréciſſe son ouverture; & que n'étant point blessée, elle se relâche: au lieu que si l'on suppose que la Rétine est l'organe de la vûë, il est difficile d'expliquer comme se fait cet étrécissement.

La seconde est, que si l'on tient la main entre une bouteille sphérique de verre plein d'eau, & une chandelle mise au foyer de la bouteille, on sentira plus de chaleur que si on la tient dans le foyer réciproque, c'est-à-dire, à l'endroit où les rayons qui ont passé au travers de la bouteille, font paroître une grande image renversée de la flamme de la chandelle sur une surface blanche opposée. Car j'en tire cette conséquence, que l'image de la chandelle qui est peinte sur la Choroïde d'un chien, comme je vous ai prouvé, fait beaucoup plus d'impression sur la Rétine du chien, que sur celle de celui qui la regarde & qui la voit fort éclatante. D'où je conclus, que si la Rétine étoit l'organe de la vûë, le chien ne verroit pas les objets médiocrement illuminés qui seroient à l'entour de la chandelle, quand même ils en seroient éloignés de trois ou quatre pieds, puisqu'ils recevroient beaucoup plus d'impression de cette réflexion, que de ces objets, & qu'une grande sensation en efface une moindre; ce qui repugne à l'expérience; & il n'est pas vrai-semblable qu'il y ait un tel défaut dans la vision des animaux.

La troisième est, que les yeux des oiseaux sont disposés, en sorte que le Nerf-optique, après son insertion dans l'œil, se recourbe sur la concavité de la Sclérotique; & le long de cette courbure naît la Choroïde qui la couvre, ne laissant qu'une raye blanche au milieu, d'où naît la Rétine, qui s'étend sur la Choroïde dans le fond de l'œil: mais elle est couverte joignant cette raye blanche d'une petite membrane noire, contigue, ou collée à l'Hyaloïde, longue d'environ six lignes, & large de cinq, dans les yeux des grands oiseaux; laquelle membrane procéde aussi de la Pie-mére, qui enveloppe intérieurement le Nerf-optique, & est comme une appendice de la Choroïde. Il y a

quelques oiſeaux, comme l'autruche, dont le Nerf-optique ſe dilate au fond de l'œil en une membrane épaiſſe de figure ovale, des extrémitez de laquelle naiſſent la Choroïde & la Rétine; mais la petite membrane noire, qui naît auſſi des mêmes extrémitez, couvre entièrement cette ovale, & s'étend un peu ſur la Rétine: & ſi l'on conſidére l'endroit où eſt cette membrane noire en toutes ſortes d'oiſeaux, on trouvera qu'il eſt un peu à côté de l'axe, & que les rayons des objets que les oiſeaux regardent avec les deux yeux, tombent deſſus préciſément. Ce qu'on jugera facilement, ſi l'on remarque que les oiſeaux n'ont pas les axes de leurs yeux paralleles, quand ils les tournent vers un même objet, mais un peu écartés; ce qui fait que les rayons de cet objet tombent obliquement ſur leurs Cornées, & que, ſelon les régles de la réfraction, ils ſe rompent à côté des mêmes axes dans le fond de leurs yeux. Or, puiſque la Rétine n'eſt point en cet endroit, ou qu'elle y eſt couverte par cette membrane noire qui arrête la lumière, & que perſonne ne doute que les oiſeaux ne ſoient plus clair-voïans que les autres animaux; vous devez avouer que la Rétine n'eſt pas le principal organe de la vûë, & qu'il faut donner cet avantage à la Choroïde. Pour ce qui eſt de l'expérience de M. *Picard*, je la trouve fort bien inventée; mais elle eſt difficile, à cauſe du grand effort qu'il faut faire, pour fixer les deux yeux à un point qui n'en eſt éloigné que de quatre pouces au plus. En voici une autre, qui fait beaucoup moins de peine, & qui n'eſt pas moins ſurprenante: Attachez ſur un fond obſcur deux petits ronds de papier blanc à même hauteur, & à trois pieds l'un de l'autre: placez-vous vis-à-vis, à une diſtance de douze à treize pieds; & tenez votre pouce élevé devant vos yeux à une diſtance d'environ huit pouces, en ſorte qu'il couvre à votre œil droit le papier qui eſt vers votre gauche, & à votre œil gauche le papier qui eſt vers votre droite: alors, ſi vous regardez votre pouce fixement avec les deux yeux, vous perdrez de vûë les deux papiers; ce qui procéde de ce que les yeux étant ainſi diſpoſés, chacun d'eux reçoit ſur ſon Nerf-optique l'image de l'un des papiers, & le pouce lui couvre l'autre.

On peut faire la même expérience avec deux chandelles allumées, obſervant les mêmes diſtances. Que ſi elles ſont plus éloignées l'une de l'autre, il faut auſſi s'en éloigner à proportion; c'eſt-à-dire, que ſi leur diſtance eſt de ſix pieds, il faut être éloigné de vingt-cinq pieds, & dans les autres diſtances à proportion: mais il faut que le pouce demeure toûjours dans la même ſituation à peu près; car ſi on le tenoit à un pied de diſtance des yeux, ou davantage, on verroit quatre chandelles au lieu de deux.

LET-

LETTRE
DE
MONSIEUR PERRAULT,
A
MONSIEUR MARIOTTE.

MONSIEUR,

J'ai été ſurpris de la nouveauté de votre merveilleuſe obſervation touchant la perte que l'on fait d'un objet lorſqu'il eſt en une certaine diſtance, & en ſituation convenable pour cela à l'égard de l'œil; mais je n'ai pu encore entrer dans les ſentimens que vous avez ſur la cauſe de cet accident, ni approuver les conſéquences que vous en tirez, pour perſuader que la Choroïde doit être reputée le principal organe de la viſion, & non la Rétine, ainſi qu'on le croit communément. Monſieur *Pecquet* m'aiant communiqué les raiſons qu'il vouloit oppoſer aux vôtres, dans un écrit qu'il vous adreſſe ſur ce ſujet, je l'ai fait ſouvenir d'une remarque que nous avons ſouvent faite enſemble dans les yeux de la plûpart des animaux, où la Rétine, en pluſieurs endroits, & apparemment au lieu où ſe fait la viſion des objets qu'on regarde directement, ſe voit traverſée par des vaiſſeaux remplis de ſang, qui étant des corps opaques d'une grandeur conſidérable, & interpoſés entre les objets & la Choroïde, devroient empêcher la vûë, ſi la Choroïde en étoit le véritable organe. Je ne ſçai ſi l'amour que chacun a pour ſes penſées, me trompe dans cette rencontre; mais je ne crois pas que l'on vous puiſſe faire une plus forte objection contre l'uſage que vous donnez à la Choroïde, ni trouver un argument plus convaincant, pour faire attribuer cet uſage à la Rétine. Le déſir que j'ai d'en avoir la ſolution, m'a porté à vous écrire en particulier ſur ce ſujet, voïant que Mr. *Pecquet*, qui demeure d'accord du fait, comme lui étant connu, de même qu'à tout le reſte de notre Compagnie, par pluſieurs expériences, n'a pas tiré les conſéquences dont ce fait fournit un fondement ſi raiſonnable contre votre opinion; & j'ai cru qu'il étoit néceſſaire de vous expliquer plus diſtinctement mes ſentimens qu'il n'a fait:

Ma

Ma penſée eſt, que pour la viſion les eſpéces ſont reçûes ſur la ſurface antérieure de la Rétine qui eſt contigue à la ſurface de l'humeur vitrée; que cette ſurface ne ſert à la viſion que comme étant indiviſible; que le reſte du corps de cette membrane, qui a une épaiſſeur conſidérable, n'eſt néceſſaire que pour rendre cette ſurface plus égale, ainſi que l'expérience fait voir aux enduits des murailles, qui ne peuvent avoir une ſurface bien unie, s'ils ne ſont épais, ſuivant la remarque de *Vitruve*, qui les compare aux miroirs de métail, qui ne peuvent étre polis quand ils ſont minces; & qu'enfin la Choroïde étant enduite, comme elle eſt, d'une ſubſtance inégale, ſemblable à de la bouë noirâtre, mal détrempée, & qui ne peut avoir une ſurface polie, elle n'eſt point capable de recevoir l'impreſſion des rayons qui partent des objets, autant qu'il eſt néceſſaire.

Car il faut demeurer d'accord, que la poliſſure & l'exacte égalité de la ſurface de la membrane qui doit etre reputée l'organe de la viſion, eſt une condition ſans laquelle on ne peut concevoir que la viſion ſe puiſſe faire. Vous ſçavez que pour cette action il eſt néceſſaire que de tous les points de l'objet il ſe forme des cones, aiant leur baſe à la Cornée, & que de la ſurface poſtérieure du Criſtallin il parte autant de cones, aiant chacun un axe qui tombe ſur la ſurface de l'organe perpendiculairement, ou à peu prés. Car il faut ſuppoſer que la viſion ſe faiſant par le ſentiment de l'impreſſion que les objets font ſur l'organe, l'organe doit étre comme frappé par les eſpéces, & qu'il n'eſt frappé que foiblement par les rayons qui tombent obliquement. Or l'endroit de l'œil où ſe fait l'impreſſion d'un grand objet, eſt ſi petit & ſi étroit, que dans un eſpace qui ſemble n etre qu'un point, il faut qu'une infinité de points de l'objet ſoient reçûs: de ſorte que l'eſpace, qui par exemple n'eſt pas plus grand que la tete d'une épingle, peut recevoir l'impreſſion d'un objet beaucoup plus grand que la lune, ſuppoſé que toutes les parties qui compoſent cet eſpace de l'organe, faſſent un champ capable de recevoir aſſez directement toutes les extrémitez des cones, qui ont leur baſe au Criſtallin: au lieu que ſi cet eſpace eſt raboteux & inégal, il ne recevra l'impreſſion que d'une ſi petite partie de l'objet, que l'on peut dire qu'il ne ſera vû qu'imparfaitement.

Cette méme raiſon fait qu'on ne peut pas dire que les vaiſſeaux qui ſont dans la Rétine, ſont trop petits pour faire que leur interpoſition empêchât la vûë de quelque objet: car quand ils ne ſeroient pas plus gros qu'un cheveu, c'eſt beaucoup plus qu'il ne faut pour recevoir l'impreſſion d'une infinité de pointes des cones, par leſquelles eſt formée la repréſentation d'un objet d'une grandeur conſidérable, principalement s'il eſt éloigné. Or il n'y a que l'égalité de la ſurface de l'organe qui puiſſe faire qu'il y ait ce nombre ſuffiſant de parties capables de recevoir l'impreſſion des rayons; & il y a apparence que le défaut de cette égalité, qui vient ou des maladies, ou de la vieilleſſe, ou

d'une

Digitized by Google

d'une mauvaiſe diſpoſition naturelle, eſt une des cauſes de la foibleſſe de la vûë; & qu'en ceux qui ne voient pas bien diſtinctement les objets éloignés, on peut autant accuſer le manque de cette poliſſure de la Rétine, que la foibleſſe des eſprits viſuels, ou la diſpoſition peu commode du Criſtallin. Car il eſt aiſé de concevoir que l'image des choſes éloignées ne pouvant être reçûe que ſur une très-petite portion de l'organe, il n'eſt pas poſſible, ſi la ſurface de cet organe eſt inégale, qu'il reçoive comme il faut un aſſez grand nombre de rayons, pour avoir l'impreſſion de toutes les particularitez de cette image; & qu'au contraire toutes ces particularitez ſont aiſément reçûes ſur une plus grande portion, ainſi qu'il arrive quand l'objet eſt proche.

Cela étant ainſi, il faut remarquer que les rameaux des vaiſſeaux qui ſont dans la Rétine, ne ſont point capables de cauſer aucune inégalité dans ſa ſurface; parce que ces vaiſſeaux ſe gliſſant dans ſon épaiſſeur, ils ſont recouverts par ſa dernière ſurface, qui conſerve aiſément ſa poliſſure, à cauſe de la diſpoſition de ſa ſubſtance, qui ſe trouve fort commode pour produire cette égalité: car elle a une molleſſe & une viſcoſité glaireuſe, par laquelle elle prend la forme de la ſurface de l'humeur vitrée, qui communique la poliſſure que tous les corps liquides & homogènes ont ordinairement à leur ſurface; ce qu'elle fait encore par le moïen de la membrane qui l'environne, dont la poliſſure & l'égalité la fait appeller vitrée avec beaucoup de raiſon.

Il faut demeurer d'accord que cette égalité manque à la Choroïde & que ce défaut la rend mal-propre à recevoir l'impreſſion des eſpéces. Mais elle en a encore un autre bien conſidérable, qui conſiſte dans la nature de ſa ſubſtance, qui eſt tout-à-fait dénuée des qualitez néceſſaires à un organe, tel que doit être celui de la viſion: car cette action ſe faiſant par un attouchement incomparablement plus délicat que n'eſt celui de tous les autres ſens, ſon organe a dû auſſi être pourvû d'une délicateſſe qui le rendît perméable aux eſprits les plus ſubtils, & obéïſſant aux impreſſions les plus légéres. La Rétine a toutes ces qualitez en un ſouverain degré, puiſqu'elle n'eſt autre choſe que la ſubſtance du cerveau, la plus molle & la plus délicate de toutes les parties du corps, qui aiant été endurcie pour former le Nerf-optique, à qui cette fermété étoit néceſſaire pour paſſer par un aſſez long chemin, & pénétrer les os du crane, reprend ſa premiére délicateſſe, & même en acquiert encore une plus exquiſe, lorſque le Nerf-optique devient comme fondu, diſſout, & étendu dans tout le fond de l'œil.

Or la Choroïde n'a aucune de ces qualitez; & ſi elle eſt une production de la Pie-mére, qui à la vérité eſt une membrane fort délicate & fort ſubtile dans tous les autres endroits du cerveau, elle perd cette qualité dans l'œil, où elle eſt ſans comparaiſon plus dure & plus épaiſſe qu'ailleurs; & outre cela elle a une ſubſtance & un uſage qui la rend tout-à-fait incapable de la ſenſibilité ſubtile que la viſion requiert. Les

Anatomiſtes ont appellé cette membrane Choroïde, parce qu'elle eſt remplie d'un grand nombre de vaiſſeaux, comme la membrane qui enveloppe le *fœtus*, appellée *Chorion*. Mais cela lui eſt commun avec beaucoup d'autres membranes; & je crois qu'elle mérite encore mieux ce nom par la raiſon de ſon uſage, qui eſt pareil à celui de cette membrane de l'arrière-faix, que la nature a deſtinée pour préparer le ſang que la mere envoïe pour la nourriture de l'enfant. Car la diſſection fait connoître qu'une grande quantité de vaiſſeaux iſſus des rameaux de ceux qui ſont diſperſés dans les muſcles couchés ſur le globe de l'œil, percent la membrane Sclérotique en pluſieurs endroits, pour entrer & ſe repandre dans la Choroïde, dans laquelle il y a grande apparence que le ſang, dont les parties internes de l'œil doivent être nourries, laiſſe ce qu'il a de groſſier & d'opaque, parce que ces parties étant admirablement nettes & tranſparentes, elles ne pourroient ſe nourrir que d'une ſubſtance, qui, comme elle, fût claire & tranſparente. C'eſt ce qui fait que la Choroïde eſt noircie & ſalie de la craſſe, & des parties terreſtres du ſang, qui, d'autant plus qu'elles la rendent mal-propre à recevoir l'impreſſion des eſpéces & l'influence des eſprits, lui donnent une plus grande opacité, qui n'eſt pas d'une petite utilité pour la viſion.

Les réflexions que j'ai faites ſur toutes ces choſes, me font croire que la partie glaireuſe de la Rétine, qui, ainſi que j'ai dit, eſt comme une diſſolution de la ſubſtance du Nerf-optique, eſt l'organe immédiat de la viſion, & que les filets qui y ſont entremélés, & qui la font appeller Rétine, ne contribuent à cette action que par le moïen de cette partie glaireuſe; en ſorte qu'ils ſervent pluſtôt à la diſtribution des eſprits, & aux autres commerces que les ſens ont avec le cerveau, qu'à recevoir immédiatement l'impreſſion des rayons, ainſi que quelques-uns eſtiment: du moins leur opinion repugne a mon ſyſteme, qui établit l'égalité parfaitement uniforme d'une ſurface pour un organe propre à la viſion, & que les parties d'une membrane qui n'eſt ni continue, ni égale, ſeroient incapables de recevoir l'impreſſion de tous les points des objets, dont il y en auroit néceſſairement beaucoup qui tomberoient ſur les intervalles qui devroient être entre ces extrémitez des filets, & ce qui ſe perdroit dans ces intervalles, devroit faire perdre une grande partie des objets, ſuivant les hypothéſes que j'ai expliquées.

On peut ajoûter encore d'autres choſes, pour faire voir que la Choroïde ne peut être l'organe de la viſion; comme de dire qu'elle n'a aucun commerce avec le Nerf-optique, qu'elle eſt recouverte à l'endroit où ſe fait la viſion directe par une autre membrane que nous appellons le Tapis, qui eſt ſéparable de la Choroïde, & qui n'en a pas toûjours la noirceur, mais qui eſt ordinairement teinte & diverſifiée de certaines couleurs moïennes & douces; telles que ſont le verd, le bleu, le doré, l'argenté, la nacre-de-perle, &c. D'où il paroît que la couleur n'eſt point une condition néceſſaire à la viſion, & dont on peut encore

tirer

Digitized by Google

tirer d'autres conſéquences peu favorables à l'uſage que vous donnez à la Choroïde, & que je ne doute point que Monſieur *Pecquet* ne faſſe valoir dans la lettre qu'il vous écrit. Je me contente ſeulement des raiſons & des faits que j'ai avancés. Car je crois, Monſieur, que ſi ces choſes me ſont accordées, ainſi que je crois qu'il eſt raiſonnable, je n'aurai pas beaucoup de peine à rendre la raiſon de votre phénomène, ſans ôter à la Rétine l'office dont elle eſt en poſſeſſion : car, ſuppoſé que l'égalité d'une ſurface ſoit néceſſaire à l'organe de la viſion, il n'eſt pas difficile de concevoir que l'endroit où la Rétine naît du Nerf-optique, y ſoit mal-propre, puiſqu'en cet endroit elle ne peut avoir la poliſſure qu'elle a dans le reſte du dedans de l'œil ; parce que toutes les fibres qui ſe diſtribuent dans la Rétine, ſont ramaſſées en cet endroit, & ne ſont point cette ſubſtance homogène, qui eſt ſi commode à l'égalité de la ſurface dont il s'agit. Car cette partie du Nerf-optique, qui fait comme un fagot de fibres ſerrées dans le trou dont la Choroïde eſt percée à l'endroit du Nerf-optique, doit etre moins propre à cette égalité que ne ſont les extrémitez des fibres éfilées & diſſoutes à peu près comme les fils de la toile le ſont quand on en fait du papier, qui eſt une ſubſtance bien égale & bien polie, ſi on la compare avec de la toile.

On peut encore ajoûter, que cet endroit où le Nerf-optique n'eſt pas encore dilaté pour ſe meler dans la Rétine, eſt une partie tout-à-fait différente de la Rétine ; ſoit que l'on conçoive que tous les eſprits diſperſés dans la Rétine doivent paſſer avec plus d'impétuoſité par ce petit endroit, & y être ramaſſés ; ou que toutes les fibres, dont les extrémitez repandent dans la partie diſſoute les eſprits viſuels, y ſont reſſerrées. Car ſi l'expantion des fibres, la dilatation des eſprits, & leur tranquillité eſt propre à la viſion dans tout le reſte de la Rétine, il eſt raiſonnable de conclure que ce reſſerrement des fibres vers l'entrée du Nerf-optique, & le mouvement précipité des eſprits, n'y eſt pas favorable.

Enfin cet endroit de la Rétine peut auſſi être rendu mal-propre à la viſion, comme vous l'eſtimez, par le défaut de la Choroïde qui eſt percée ; mais il ne s'enſuit pas de là que la Choroïde ſerve autrement à la viſion que comme un des organes qui y contribuent quelque choſe, ſçavoir, en fermant toutes les avenuës à la lumière, & l'empechant d'entrer par autre part que par la Prunelle : car il y a quelque raiſon de croire que la ſubſtance diaphane des paupières, des muſcles, des glandes de l'œil, & des autres parties qui ſont entre la Choroïde & l'orbite, peuvent par derrière donner quelque entrée à la lumière, juſqu'à l'endroit où ce défaut de la Choroïde ſe rencontre. Auſſi ſemble-t-il que dans la néceſſité qu'il y avoit de percer la Choroïde, pour donner paſſage dans l'œil au Nerf-optique, la nature ait eu ſoin d'étrécir cette ouverture autant qu'il étoit poſſible, puiſqu'il ſe trouve qu'elle

fait toûjours un trou beaucoup plus étroit qu'il ne faudroit pour le Nerf-optique, qui ſe reſſerre en cet endroit pour ſe rélargir enſuite, en donnant naiſſance à la Rétine. Or ce trou par lequel la Retine eſt en quelque façon illuminée, la prive de la principale diſpoſition qu'elle doit avoir pour la viſion, qui eſt d'être capable de l'altération par le moïen de laquelle la viſion ſe fait: car la Rétine étant ainſi deja illuminée par derrière, n'eſt pas capable d'être illuminée par devant que très-foiblement par les rayons viſuels; de même qu'une chambre qui a déja une fenêtre ouverte, n'eſt illuminée que foiblement lorſqu'on en ouvre une ſeconde, ſi l'on compare cette illumination à celle qu'elle reçoit par l'ouverture de la première, qui trouvant la chambre abſolument obſcure, y cauſe un changement bien notable par la première introduction de la lumière.

Ainſi vous voïez, Monſieur, que quand le défaut d'une partie de la Choroïde au droit du Nerf-optique contribueroit à empêcher la viſion, cela ne prouveroit pas que cette membrane fût autre choſe qu'un organe néceſſaire à la perfection de cette action; ainſi qu'il y a pluſieurs autres organes, comme la Pupille, le Ligament Ciliaire, le Criſtallin, & les autres humeurs de l'œil, dont les diſpoſitions convenables aident à la viſion, mais qui n'en peuvent être reputés l'organe principal, comme la Rétine, &c.

RÉPONSE
DE
MONSIEUR MARIOTTE
A LA LETTRE DE
MONSIEUR PERRAULT.

MONSIEUR,

Je n'ai pas entrepris une petite affaire lorſque je me ſuis engagé à defendre les droits de la Choroïde, & je n'oſe preſque m'en promettre un heureux ſuccès. Ceux qui n'ont pas une connoiſſance exacte de l'Anatomie de l'œil, & des régles de l'Optique, ne pourront comprendre ni mes raiſonnemens, ni les faits que je ſuppoſe; & les Sçavans, par-

particulièrement les Sectateurs de la nouvelle Philosophie, étant prévenus, comme ils sont, en faveur de la Rétine, chercheront toûjours quelque nouvelle difficulté à m'opposer.

Tout ce que j'ai pu dire, ou écrire sur ce sujet jusques ici, n'a persuadé que fort peu de personnes; & la nouveauté, qui est ordinairement si bien reçûe, ne m'a pas été favorable en cette rencontre. Je ne me rebute pas pourtant; je trouve ma cause trop bonne pour l'abandonner; & quoique vrai-semblablement j'aie épuisé tout ce que je sçavois sur cette matière dans ma seconde lettre à Monsieur *Pecquet*, il me reste encore plusieurs raisons assez bonnes pour opposer à celles que vous emploïez pour combattre mon opinion. J'avoue, Monsieur, que la plûpart de vos objections sont très-fortes, & très-ingénieusement inventées: mais je ne les trouve pas convaincantes; & je crois pouvoir aisément les résoudre, & vous éclaircir suffisamment de vos doutes.

Toutes les difficultez que vous me faites, peuvent se réduire à trois principales.

La *première*, que les vaisseaux remplis de sang qui sont dans la Rétine, empêcheroient la vision, si la Choroïde en étoit le véritable organe.

La *seconde*, que la Choroïde n'est pas propre à cet usage pour plusieurs raisons, dont les principales sont: qu'elle est raboteuse, & inégale; qu'elle est trop dure, & trop épaisse; que les vaisseaux pleins de sang qui s'y répandent, y laissent une crasse & une noirceur qui l'empeche de bien recevoir l'impression de la lumière; & que cette membrane n'a point de commerce avec le Nerf-optique.

La *troisième*, que la Rétine est très-propre pour etre le principal organe de la vision, & que supposant cette vérité, il est facile d'expliquer le défaut de vision qui se fait sur la base du Nerf-optique, par l'une ou l'autre des deux causes que vous apportez.

Pour suivre le même ordre, je diviserai ma réponse en trois parties.

Dans la *première*, je ferai voir que les vaisseaux de la Rétine, & leur disposition, fournissent des preuves très-fortes pour établir mon opinion, bien loin de la détruire.

La *deuxième* contiendra plusieurs raisons & expériences pour prouver que la Choroïde est très-propre pour l'usage que je lui attribue, dont les plus considérables sont: qu'elle est très-polie, & égale, & nullement raboteuse; qu'elle n'est ni dure, ni épaisse, mais souple & déliée, à fort peu près comme la Pie-mére dans le cerveau; que les vaisseaux pleins de sang dont elle est traversée, aident à la vision, bien loin de lui nuire; que la noirceur qu'ils y laissent, & dont elle est enduite & pénétrée, est nécessaire pour la rendre suffisamment sensible aux impressions de la lumière; & qu'elle a une parfaite communication avec le Nerf-optique, & avec le cerveau.

Dans la *troisième* & dernière, je tâcherai de faire connoître que la Ré-

tine n'eſt pas propre pour l'uſage que vous lui attribuez, & que les deux cauſes que vous donnez du défaut de viſion qu'on obſerve dans mon expérience, ne ſont point dans la nature, & n'ont nulle exiſtence réelle; & que ſi elles avoient quelque exiſtence, elles cauſeroient le même défaut dans les autres parties de la Rétine, & ſupprimeroient entiérement la viſion.

Je crains ici, Monſieur, que ceux qui mépriſent la Philoſophie, ne trouvent un ſujet de raillerie dans la diverſité de nos aſſertions, qui ſont ſi manifeſtement oppoſées; & je ne puis déviner moi-même d'où peut proceder qu'en une choſe de cette nature nous puiſſions avoir des vûës ſi differentes. Eſt-ce que nous avons manqué d'exactitude & de préciſion dans nos obſervations? Eſt-ce que les yeux des hommes & des animaux ſur leſquels nous les avons faites, avoient des diſpoſitions & des ſtructures differentes; ou plûtot que l'amour de nos inventions & des opinions dont nous ſommes prevenus, nous faſcine l'eſprit & les yeux, pour nous empecher de faire des reflexions ſur ce qui eſt contraire à nos hypotheſes, & pour nous faire appercevoir les choſes autrement qu'elles ne ſont? Mais quelles que puiſſent être les cauſes de cette contrariété de ſentimens, je vais tacher de vous expliquer les miens, & de ſatisfaire à ce que j'ai promis.

Pour réſoudre votre premiére difficulté, je ſuppoſe trois choſes, que je ne doute point que vous ne m'accordiez, puiſqu'elles vous ſont trés-connues.

La *premiére* eſt, que lorſque quelque endroit de l'organe de la viſion a reçû l'impreſſion d'un objet lumineux ou illuminé, cette impreſſion continue encore quelques momens: on en voit l'expérience lorſqu'on tourne en rond aſſez vîte un carbon ardent; car il paroît ſemblable à un cercle de feu, à cauſe que la ſeconde impreſſion de la lumiére ſe fait avant que la premiére ſoit effacée.

La *ſeconde* eſt, que les fibres de l'organe de la viſion étant ébranlées par la réception de quelques rayons qui s'y réüniſſent, les fibres contigues, où il ne tombe aucun rayon, ne laiſſent pas d'en être ébranlées, & de donner une fauſſe apparence de lumiére, qui amplifie la grandeur apparente du corps lumineux: c'eſt par cette raiſon que la flamme d'une chandelle un peu éloignée paroit la nuit beaucoup plus grande qu'elle ne devroit paroître.

Ma *troiſiéme* ſuppoſition eſt, que les yeux ſont extrêmement mobiles, & que ce qui nous fait voir ſi-tôt le détail exact d'un objet entier, eſt la promptitude avec laquelle nos yeux en parcourent toutes les parties par la vûë directe, comme on le connoît quand on lit: car encore qu'on apperçoive en meme tems toutes les lignes d'une page par la vûë oblique, on ne peut les lire qu'en parcourant ſucceſſivement avec la vûë directe tous les mots, & preſque toutes les lettres de chaque mot; d'où il arrive que l'habitude que nos yeux ont à ce mou-

mouvement, nous empêche de les fixer facilement pendant un tems conſidérable à un point déterminé.

Ces choſes étant accordées, examinons votre première objection. Vous dites, Monſieur, que les vaiſſeaux de la Rétine empêcheroient la viſion, ſi la Choroïde en étoit le véritable organe, & qu'ils ne peuvent l'empêcher en la ſurface antérieure de la Retine; & vous croïez que cette propoſition eſt un argument convaincant pour détruire mon opinion.

Mais ſi vous entendez que ces vaiſſeaux cauſeroient ſeulement quelques défauts de viſion peu conſidérables, je me ſers de votre aſſertion contre vous-même: car je ſoûtiens qu'il y a de ces vaiſſeaux qui cauſent des défauts de viſion; & parce qu'ils ne peuvent faire cet effet en la ſurface antérieure de la Rétine, puiſqu'ils ſont placés au-deſſous ſelon votre hypothèſe, il s'enſuit que cette ſurface n'eſt pas le véritable organe de la viſion comme vous le prétendez.

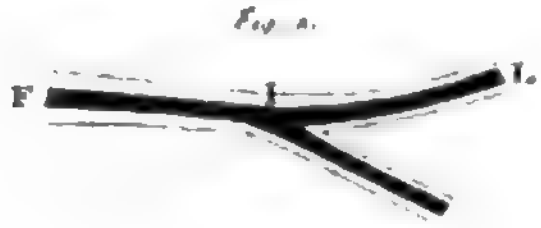
Que ſi vous entendez que ces vaiſſeaux feroient un préjudice notable à la viſion, ou la ſupprimeroient entiérement, voici quelles ſont mes penſées ſur ce ſujet. Je dis premièrement, que ces vaiſſeaux ne peuvent cauſer aucun défaut de viſion ſur la Choroïde quand on regarde les objets avec les deux yeux, parce qu'alors ils ne peuvent nuire ni à la viſion directe, ni à la viſion oblique: ils ne peuvent nuire à la viſion directe, parce qu'il n'y a point de ces vaiſſeaux en l'endroit où l'axe de la vûë perce la Rétine, ni dans un eſpace conſidérable à l'entour: ils ne peuvent auſſi nuire à la viſion oblique, parce que les rayons d'un meme point lumineux ne tombent pas ſur les memes endroits dans chacun des yeux; & c'eſt par la même raiſon que lorſqu'on a les deux yeux ouverts, on ne s'apperçoit pas du défaut de viſion qui ſe fait ſur les baſes des Nerfs-optiques. Je dis encore, que les vaiſſeaux de la Retine qui ſont proches de l'axe de la vûë, ne peuvent cauſer aucun défaut ſenſible de viſion dans un ſeul œil, pour pluſieurs raiſons, dont les plus importantes ſont: que ces vaiſſeaux ſont tranſparens, & nullement opaques; que les petits filets de ſang qui y coulent, n'ont pas plus d'épaiſſeur qu'un cheveu, c'eſt-à-dire, que la vingt-quatrième partie d'une ligne; & qu'etant ſitués la plûpart en la ſurface de la Retine contigue à la membrane de l'humeur vitrée, ils ſont trop éloignés de la Choroïde pour intercepter tous les rayons qui partent d'un point lumineux, & ils en laiſſent aſſez paſſer pour faire appercevoir les plus petits objets, s'ils ſont ſuffiſamment éclairés. Et à l'égard des vaiſſeaux qui ſont plus éloignés de l'axe de la vûë, je demeure d'accord qu'il y en a quelques-uns dont les filets de ſang ſont aſſez gros pour cauſer quelque défaut de viſion, particuliérement à leur ſortie de la baſe du Nerf-optique, & dans les angles de leurs ramification: mais ces défauts de viſion étant beaucoup moins conſidérables que celui qui ſe fait ſur la baſe du Nerf-optique, puiſque la lar-

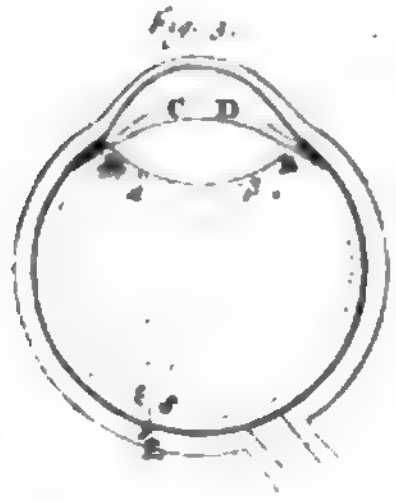
largeur de cette baſe eſt ſept ou huit fois plus grande que l'épaiſſeur des plus gros filets de ſang de ces vaiſſeaux, il s'enſuit qu'il eſt très-difficile de s'en appercevoir; & on ſera perſuadé de cette difficulté, ſi l'on conſidére qu'avant mon obſervation on ne s'étoit point apperçû de celui qui ſe fait ſur cette baſe; & c'eſt pour ce ſujet que je n'ai point parlé de ces petits défauts dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*. On peut pourtant les remarquer, & c'eſt un fait que je dois établir auſſi-bien que les autres que j'ai avancés, c'eſt-à-dire, qu'il faut que je vous explique de quelle ſorte vous pourrez obſerver tous les faits que je viens de ſuppoſer.

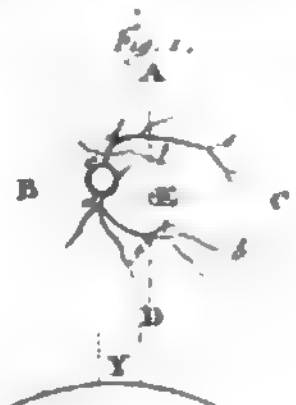
Pour cet effet aïez un œil bien frais, auquel avant que de l'ôter de l'orbite, on ait marqué deux lignes ſur la Cornée, l'une verticale, & l'autre horiſontale, ſe coupant à angles droits au centre de cette membrane; & après avoir coupé le Nerf-optique à fleur de la Choroïde, meſurez la circonférence de l'œil avec une petite bandelette de papier d'environ une ligne de largeur; marquez le milieu de cette bandelette avec un point noir, & poſez cette marque ſur le centre de la Cornée, & prenant de nouveau la meſure de la circonférence de l'œil ſelon l'une de ces lignes tracées, vous marquerez ſur la Sclérotique le point où les extrémitez de la bandelette ſe rencontreront dans la partie oppoſée à la Cornée; faites la même choſe à l'égard de l'autre ligne, & vous trouverez à fort peu près le point de l'axe de la vûë dans la ſurface exterieure de la Sclérotique; percez l'œil en cet endroit avec une aiguille juſques à deux ou trois lignes de profondeur, & aiant ôté l'aiguille, mettez en ſa place une petite épingle d'environ trois lignes de longueur, ou un petit clou à tête plate; coupez enſuite l'œil par la moitié, de la maniére que je l'ai expliqué dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*, & vous verrez diſtinctement qu'il n'y aura aucun filet de ſang dans l'endroit où le petit clou aura percé la Rétine, ni dans un eſpace aſſez conſidérable à l'entour (dans les yeux des bœufs cet eſpace répond à l'ouverture oblongue de l'Uvée, & eſt à peu près d'une même figure & d'une même grandeur) vous verrez auſſi la diſpoſition des vaiſſeaux de la Rétine, à peu près comme ils ſont repreſentés en la figure 1e. à la page ſuivante, en laquelle le cercle ABCD repréſente la Rétine dans le fond de l'œil; le petit cercle *a e*, la baſe du Nerf-optique; AEC, BED, les projections de deux lignes qu'on ſuppoſe ſe couper à angles droits au point E, & repréſenter les ſections des plans qui paſſeroient par les deux lignes tirées ſur la Cornée; E, le point où l'axe de la vûë perce la Retine; *edc*, *afb*, deux des plus larges vaiſſeaux de la Rétine, dont les troncs ſortent preſque toûjours du milieu de la baſe du nerf; *dl*, *fi*, deux petits rameaux de ceux qui ſont les plus proches du point E: il eſt vrai que ces choſes peuvent n'être pas préciſément de meme en toutes ſortes d'yeux; mais la différence en étant peu conſidérable, on ne laiſ-

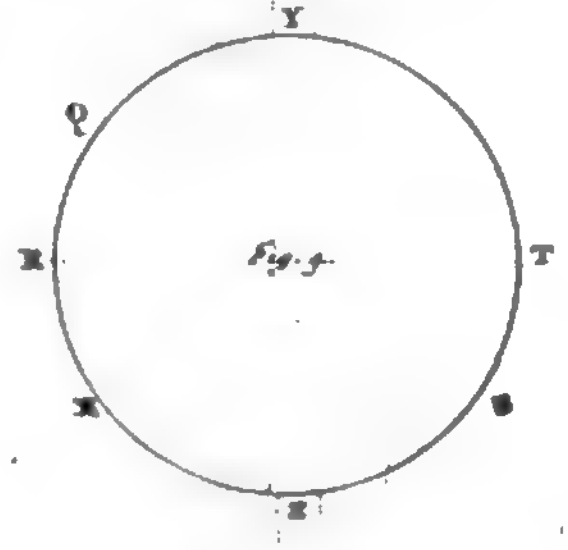
Digitized by Google

laiſſera pas d'en tirer les mêmes conſéquences. Il faudra lever enſuite l'humeur vitrée de deſſus la Rétine, & vous remarquerez que le ſang de ſes petits vaiſſeaux eſt d'un rouge très-vif; ce qui marque ſuffiſamment que les membranes qui le contiennent, ſont diaphanes & tranſparentes; car ſi elles étoient opaques, le ſang y paroîtroit livide comme dans









les veines des autres parties du corps. Mais, pour être plus aſſuré de cette tranſparence, levez-en quelques filamens avec une aiguille: ce qui eſt facile, car ils ſont la plûpart à fleur de la Rétine: mettez un petit carton par deſſous; & quand ils y ſeront joints, coupez-en les extrémitez, & regardez ce qui ſera ſur le carton avec un bon microſcope: ces petits vaiſſeaux coupés vous paroîtront à peu près comme la figure marquée 2, en laquelle la ligne noire F I L repréſente le filet de ſang, & tout le reſte eſt l'épaiſſeur de la membrane, qui vous paroîtra fort tranſparente, & beaucoup plus large que le filet de ſang.

Conſidérez maintenant la figure de l'œil marquée 3, en laquelle A B repréſente le criſtallin, C D l'ouverture de l'uvée, $\alpha\beta\gamma$ un cone de lumière produit d'un ſeul point d'un corps lumineux, $\delta\varepsilon$ une partie de la ſurface antérieure de la rétine proche de l'axe, qui ſert de baſe au petit cone $\delta\varepsilon\gamma$ partie du grand $\alpha\beta\gamma$. Or C D ouverture de l'uvée eſt ordinairement de $\frac{1}{3}$ de ligne, & $\alpha\beta$ eſt à peu près de même largeur; $\beta\gamma$ eſt environ de ſix lignes $\frac{1}{3}$ ou $\frac{19}{3}$, & $\gamma\varepsilon$ d'un tiers de ligne: mais comme $\beta\gamma$ $\frac{19}{3}$ eſt à $\alpha\delta$ $\frac{1}{3}$, ainſi $\delta\gamma$ $\frac{1}{3}$ eſt à $\delta\varepsilon$: Donc $\delta\varepsilon$ ſera environ $\frac{1}{19}$ de ligne. Mais, j'ai ſuppoſé que les petits filets de ſang

des plus petits vaiſſeaux n'avoient que la vingt-quatrième partie d'une ligne de largeur. Donc *d e* ſera à l'épaiſſeur de ce petit filet de ſang, comme vingt-quatre à quinze; & par conſéquent s'il ſe rencontre un petit vaiſſeau dans l'eſpace *d e*, une partie conſidérable de ce cone de lumière paſſera deçà & delà du petit filet de ſang juſques à la Choroïde; & ſi ce cone de lumière eſt produit par une étoile, on ne la perdra pas de vuë, quand même on pourroit fixer l'œil long-tems à un point indiviſible dans le ciel. Mais, par ma troiſième ſuppoſition, l'œil eſt trop mobile pour cet effet, & il doit arriver que quand par hazard on auroit fixé l'œil à ce point, & que l'étoile auroit été vûe foiblement, l'impreſſion qui ſeroit reſtée de la vûë immédiatement précédente, & celle qui ſuivroit lorſque l'œil ſe fixeroit ailleurs un moment après, feroit paroître cette étoile comme ſi on l'avoit toûjours vûe également, ainſi qu'il a été dit du charbon ardent en la premiére ſuppoſition; & par conſéquent il eſt comme impoſſible qu'on s'apperçoive de ces defauts de viſion, ni que dans une vûë médiocrement oblique il paroiſſe qu'on ait perdu de vûë une étoile un peu conſidérable, lorſqu'on en regarde une autre un peu à côté, quand même la membrane tranſparente qui enferme le ſang, auroit la réfraction ſemblable à celle de la Rétine: mais étant comme elle eſt d'une matière ſulfurée, & par cette raiſon ſa réfraction devant être à peu près comme celle du Criſtallin, il ſe fera une réfraction des rayons qui tomberont deſſus, & ils feront un petit foyer de lumière ſur la Choroïde au-deſſous du petit vaiſſeau au point *γ*, quand même il n'en ſeroit éloigné que d'un quart de ligne, ou encore moins; à cauſe que la différence de réfraction de ces membranes & de la Rétine étant fort petite, les rayons qui ſe rompent vers les extrémitez des petits vaiſſeaux, paſſent à côté des petits filets de ſang. Ceux qui ſçavent les régles de l'Optique, comprendront facilement cette raiſon, & ceux qui ne les ſçavent point, pourront connoître la vérité de l'effet par l'expérience ſuivante:

Il faut avoir un tuyau de verre fort menu, comme d'une ligne, & l'emplir d'encre, en le trempant dedans; & après l'avoir eſſaïé en dehors, il faut l'expoſer au ſoleil, & mettre un petit papier fort près au-deſſous; & on verra que le petit tuyau fera ombre de toute ſa largeur ſur le papier. Mais, ſi on met dans de l'eau très-claire le tuyau avec le papier, & qu'il ſoit expoſé de la même maniere au ſoleil, on verra une petite lumière reünie ſur le papier, directement au-deſſous du tuyau; & on pourra juger la même choſe à l'égard des petits vaiſſeaux de la Rétine: d'où il eſt facile de connoître, que lorſque la lune eſt vûe obliquement, on ne peut s'appercevoir d'aucun défaut de viſion au ſujet de ces vaiſſeaux, parce que la lune étant plus large de beaucoup qu'une étoile, ſa lumière doit faire un foyer conſidérable paſſant par les membranes tranſparentes de ces vaiſſeaux; & la lumière

de

de ce foyer, auſſi-bien que celle qui paſſe à côté de ces membranes ſur la Choroïde, ébranle les fibres des nerfs voiſins, où il ne tombe point de lumière de la lune ſur la Choroïde, qui eſt d'environ $\frac{1}{10}$ de ligne, ſi la concavité du fond de l'œil eſt d'une ſphére de ſept lignes de rayon; & quand même les fibres des nerfs voiſins ne ſeroient point ébranlées, on ne laiſſeroit pas de la voir, parce que cette lumière n'étant pas encore réünie, lorſqu'elle traverſe la ſurface antérieure de la Rétine où ſont les vaiſſeaux, elle y occupe un eſpace plus grand que la ſeiziéme partie d'une ligne. Par les mêmes raiſons on ne verra point de défaut de viſion à l'egard d'un grand papier qu'on voit obliquement, ou d'un autre objet d'une grandeur conſidérable; & par conſéquent il n'y a point d'endroit dans la Choroïde au fond de l'œil où il ne ſe faſſe quelque viſion. Pour l'obſervation des pertes des petits objets par l'interpoſition des plus gros filets de ſang, voici comme je la fais:

Je prens un cercle de papier d'un pied de diamétre, repréſenté par le cercle QRXT dans la figure quatriéme, que j'applique contre un fond obſcur; je mets environ à deux pieds de diſtance à droite un petit papier fort blanc & fort éclairé d'un demi pouce de diamétre; & je m'éloigne de ces papiers de dix pieds plus ou moins, juſques à ce que fixant l'œil droit ſur le plus proche bord du grand rond de papier, je perde de vûë le petit, & que le fixant auſſi à l'autre bord oppoſé, il me diſparoiſſe auſſi: il ne faut pas que le petit papier ſoit à même hauteur que le centre du grand, mais il doit étre environ quatre pouces plus bas; enfin j'augmente ou je diminue ces diſtances, & je tatone juſques à ce que promenant mon œil ſur la circonférence du grand papier, je perde toûjours le petit, & que regardant un peu à coté, comme vers les points Q, R, S, T, je le revoïe; & alors je m'apperçois que vers les endroits marqués Y & Z, au-deſſus & au-deſſous du diamétre vertical de ce cercle, il y a un eſpace grand d'environ trois pouces, & de trois ou quatre lignes de largeur, où fixant l'œil, je perds encore le petit papier; ce que je ne peux attribuer qu'aux deux troncs des vaiſſeaux *afb*, *cdc*, (Fig. 1e.) qui au ſortir de la baſe du Nerf-optique couvrent un eſpace de la Choroïde aſſez large, & en ſont aſſez proches pour cauſer en cet endroit un défaut de viſion. Et pour m'appercevoir des défauts de viſion qui ſe font par l'interpoſition des gros vaiſſeaux *afb*, *eâc*, dans quelques autres endroits plus éloignés de la baſe du nerf, je me ſers de deux ou trois bandelettes de papier, larges d'un demi pouce, & longues d'un pied, marquées en travers de pluſieurs groſſes rayes noires; je les applique ſur le même fond entre le grand & le petit papier environ deux pieds plus haut à une diſtance de trois ou quatre pouces l'une de l'autre, & dans une ſituation verticale; & alors étant aſſis à la même diſtance qu'auparavant, & aiant la téte appuïée fermement, je parcours avec le méme œil les rayes noires de ces papiers, & les intervalles blancs, & je rencon-

tre preſque toûjours quelque point, où fixant l'œil je perds de vûë le petit papier; ce qui arrive à ce que je crois, lorſque ſes rayons tombent ſur les angles des ramifications de ces gros vaiſſeaux *ab*, *ec*, ou dans leurs autres parties qui ont une largeur ſuffiſante. J'ai fait plus de vingt fois cette expérience, & je puis vous aſſurer y avoir preſque toûjours réuſſi. Mais, parce que lorſqu'on fixe trop long-tems un œil ſur quelque point, la vuë ſe trouble un peu, & on perd ſouvent de vûë un petit objet qui eſt beaucoup à côté, pour m'aſſûrer que la perte que je faiſois du petit papier, ne procedoit pas de cette cauſe, je fermois l'œil un peu de tems, le tenant toûjours dans la méme ſituation; & l'ouvrant tout à coup, je le fixois au point que j'avois remarqué, & ſouvent le petit papier me diſparoiſſoit; & le fixant enſuite un peu plus haut, ou un peu plus bas, je le revoïois; ce qui m'a ſuffiſamment aſſûré qu'il ſe fait quelques défauts de viſion par l'interpoſition des vaiſſeaux de la Rétine. Mais cette expérience eſt très-difficile, & je crois que peu de perſonnes auront la patience de la faire, & de s'accoutumer à fixer aſſez long-tems un œil à un point déterminé; ce qui eſt néceſſaire: car ſi on ne l'y fixe qu'un moment, on croira avoir toûjours vû le petit papier, ſuivant ce qui a été dit ci-deſſus. Par ces expériences & par ces raiſonnemens vous pouvez connoître que les vaiſſeaux de la Rétine me fourniſſent une preuve très-forte contre votre ſyſtême: & puiſque la nature a affecté de ne point placer de ces vaiſſeaux vers l'endroit où ſe fait la viſion directe, que ceux qu'elle a placés près de cet endroit, ſont très-peu larges, qu'ils ont tous leurs membranes tranſparentes, qu'ils ſont éloignés de la Choroïde le plus qu'il a été poſſible, & que toutes ces precautions ſont néceſſaires pour empecher des defauts conſidérables en la viſion, ſi la Choroïde en eſt le principal organe; il faut croire que cette membrane a été deſtinée pour cet uſage, & c'en eſt une preuve très-forte, & qui pourroit ſuffire, quand meme il n'y auroit point d'autres raiſons plus convaincantes.

La plûpart des faits que vous poſez, pour ſoûtenir que la Choroïde n'eſt pas propre pour étre l'organe de la viſion, & les conſéquences que vous tirez de ceux dont je demeure d'accord, me ſemblent avoir peu d'exactitude. Mais ſans m'arrêter à les conſidérer en detail, je me contenterai de dire ici les propriétez que j'ai remarquées en cette membrane, & que vous pourrez remarquer comme moi, ſi vous les obſervez avec la méme méthode.

Après avoir levé doucement la Rétine de deſſus la Choroïde d'un œil demi coupé, ſoit d'un homme, ou d'un oiſeau; j'expoſe le concave de cette derniére membrane à quelques objets terminés par des lignes droites, comme des clochers, des tours, des cheminées, &c. & j'y vois toutes les extrémitez de ces objets, & tous leurs linéamens exactement repréſentés ſans ſe confondre avec le bleu de l'air, en ſorte qu'il

qu'il n'y a point de miroir concave qui puiſſe les repréſenter mieux : or c'eſt ce qui n'arriveroit pas, ſi la Choroïde étoit raboteuſe & inégale, comme vous le penſez. Il eſt vrai que ſi je la frotte avec le doigt, je briſe un enduit noir ou petite pellicule qui la couvre, qui eſt beaucoup plus délicate que l'épiderme de la peau de la main, & je ſalis par la noirceur de cet enduit une humidité aqueuſe & claire que la Rétine y laiſſe ; & alors il paroît ſur mon doigt de petits fragmens noirâtres, mêlés avec une partie de cette humidité qui s'y attache, qui eſt ce que vous appellez une bouë noirâtre mal détrempée. Mais vous n'en pouvez tirer aucune conſéquence contre la poliſſure & l'égalité de la Choroïde, lorſqu'elle eſt en ſon état naturel, non plus que ſi vous aviez frotté le vif-argent qui eſt derrière un miroir, & qu'en s'attachant à votre doigt il vous parût inégal comme du ſable, ou de la poudre groſſière, vous ne pourriez conclure que ſa ſurface qui touche le verre, ne fut très-polie & très-égale avant que vous y euſſiez touché : & je m'étonne que vous puiſſiez douter de cette égalité de la Choroïde, puiſque le même raiſonnement que vous emploïez pour prouver que la ſurface antérieure de la Rétine eſt polie & égale, peut ſervir auſſi pour prouver la meme choſe à l'égard de la Choroïde ; car la concavité de la Sclérotique étant polie, & la ſurface convexe de l'humeur vitrée l'étant auſſi, il eſt difficile que la Retine & la Choroïde, qui ſont preſſées & ſerrées entre ces deux ſurfaces, ne s'accommodent à leurs figures. On peut connoître auſſi avec la ſimple vûë la poliſſure de la Choroïde ; mais elle paroît mieux dans les yeux des animaux à quatre pieds, à cauſe qu'une grande partie de cette membrane y eſt d'une couleur blanchâtre, qui la fait mieux diſcerner. Je ne détermine point ſi la viſion ſe fait ſur cette premiére ſurface de la Choroïde, que vous appellez le Tapis, ou ſi ce Tapis ne ſert que d'épiderme ; car il eſt croïable que les fibres de la Pie-mére s'y étendent auſſi-bien que dans le reſte de la Choroïde, puiſque ſa partie noire & ſa partie blanchâtre ont une même continuïté de fibres.

Après avoir examiné cette premiére ſurface, je léve la membrane entiére, & je remarque que dans les yeux des hommes elle eſt mince & déliée comme une feuille de papier fin, c'eſt-à-dire, à peu près comme la Pie-mére dans le cerveau. Je remarque auſſi, que dans la partie contigue à la Sclérotique, il y entre pluſieurs petits vaiſſeaux remplis de ſang : mais ces petits vaiſſeaux s'y entrelaſſent ſi bien avec les parties nerveuſes, qu'il eſt difficile de les diſtinguer ; & par cette raiſon ils ne peuvent non plus empecher l'impreſſion de la lumiére ſur cette membrane, que les vaiſſeaux qui s'étendent & ſe repandent dans la peau de la main, n'empéchent pas que le feu ne produiſe en toutes ſes parties le ſentiment de la chaleur, & que la pointe d'une aiguille n'y faſſe ſentir ſa piquûre en quelque endroit qu'on l'y applique, ſans que l'épiderme inſenſible qui la couvre, ni les petits vaiſſeaux pleins de

ſang, ou d'autre liqueur, qui y ſont repandus, puiſſent nuire à ces ſentimens; & même il arrive quelquefois qu'un des doigts de la main devient pâle & décoloré, & alors il n'a pas le ſentiment ſi vif que les autres, comme ſi le ſang contribuoit au ſentiment en échauffant les nerfs, ou par quelque autre propriété. A l'égard de la noirceur qui paroît dans la Choroïde, elle eſt abſolument néceſſaire pour une viſion exquiſe, comme je l'ai prouvé dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*: & vous ſçavez auſſi-bien que moi, que ſi on expoſe du marbre blanc & du marbre noir au ſoleil en Eté, le noir deviendra beaucoup plus chaud que le blanc; & que lorſqu'on ne peut allumer du papier blanc au ſoleil avec un verre convexe, on n'a qu'à le frotter d'encre, ou le ſalir avec du ſuc de quelque herbe, ou de quelque autre choſe, pour y faire voir le feu preſqu'en un moment.

J'avois fait deſſein de montrer ici que la Choroïde a plus de communication avec le Nerf-optique, & enſuite avec le cerveau, que la Rétine; mais parce que vous pourrez voir les raiſons que j'en donne dans ma ſeconde lettre à Monſieur *Pecquet*, j'ai cru que ce ſeroit une choſe inutile de les repéter. Il me ſuffit de dire, que ſi par le Nerf-optique vous entendez ſa moelle, l'objection que vous me faites qu'il n'a point de commerce avec la Choroïde, eſt une pétition de principe, puiſque je ſoutiens que cette partie du Nerf-optique eſt inſenſible à la lumière.

Je ne m'arrêterai pas auſſi à redire les raiſons qui ſont dans la même lettre, pour montrer que la Rétine n'eſt pas propre pour être l'organe de la viſion. J'ajoûterai ſeulement, que ſa première ſurface étant conſidérée comme indiviſible, eſt un être Mathématique, qui ne peut produire ni recevoir aucun effet naturel; & qu'étant conſidérée comme aiant quelque épaiſſeur, les petits vaiſſeaux remplis de ſang qui s'y rencontrent, y cauſeroient des defauts conſidérables de viſion, parce que les cones de lumière s'y termineroient, outre que ſa molleſſe la rend mal-propre à tranſmettre au cerveau les impreſſions de la lumière, au lieu que la Choroïde eſt très-bien diſpoſée pour cet effet. On en voit l'expérience dans une longue piéce de bois, ou dans une longue corde tendue: car la corde & la piéce de bois tranſmettent facilement de l'une de leurs extrémitez à l'autre l'impreſſion du choc qu'elles reçoivent; ce que ne pourroit faire que très-foiblement un long amas d'une matière ſemblable à la mucoſité dans les organes des autres ſens, qui ont tous beaucoup de rapport à la Choroïde; ce qui doit faire juger que toutes les ſenſations ſe font par le moïen des membranes qui procedent de la Pie-mère, deſquelles les nerfs ſont revêtus, & que la moelle du nerf ne ſert qu'à contenir les eſprits, ou les ſubtiles liqueurs, qui ſervent aux mouvemens, & à quelques autres uſages.

Il ne me reſte donc plus, Monſieur, qu'à parler des deux cauſes

que

que vous apportez du défaut de viſion qui ſe fait ſur la baſe du nerf.

La première eſt preſque ſemblable à l'une de celles que donne Monſieur *Pecquet*, ſinon qu'au lieu d'une houpe de petites fibres qu'il fait ſortir de la baſe du nerf, vous la couvrez d'un fagot de fibres ſerrées. Mais cette hypothèſe eſt contraire aux obſervations; car ces fibres n'ont jamais été apperçûes de perſonne. J'ai manié & preſſé entre mes doigts pluſieurs Rétines de pluſieurs ſortes d'animaux: je les ai regardées avec d'excellens microſcopes, & je n'y ai jamais pu remarquer qu'une mucoſité uniforme, ſans autres filamens que ceux des petites veines & artéres; & c'eſt en conſéquence de ces obſervations que je nie l'exiſtence de la première cauſe que vous donnez du défaut de viſion qu'on remarque dans mon expérience.

Je nie auſſi l'exiſtence de la ſeconde, c'eſt-à-dire, que je ſoûtiens qu'il ne paſſe dans l'œil aucune lumière ſenſible par derrière au travers des Nerfs-optiques. La raiſon eſt, que la lumière qui a fait pluſieurs réflexions, eſt plus foible que la lumière directe: or ſi je couvre exactement mes deux yeux avec mes deux mains, & que je les tienne fermés en même tems, j'apperçois une obſcurité auſſi entière en me tournant vers un objet fort éclairé, qu'en me tournant vers un lieu très-obſcur. Cependant la chair des mains & les paupiéres ne ſont pas plus épaiſſes, & ſont auſſi tranſparentes que les muſcles de l'œil, & que les fibres & les enveloppes du Nerf-optique; & par conſéquent la lumière devroit paſſer directement avec autant de facilité à travers les mains, & à travers les paupières, qu'à travers les muſcles de l'œil, & enſuite par réflexion à travers le Nerf-optique: d'où je conclus qu'il ne peut paſſer par derrière aucune lumiere ſenſible à travers la baſe de ce nerf.

Il m'eſt encore facile de prouver que ſi ces cauſes étoient véritables, c'eſt-à-dire, s'il y avoit un faiſceau de fibres qui étoupât la baſe du Nerf-optique, ou s'il y paſſoit une lumière conſidérable par derriére; ces choſes ſupprimeroient auſſi-bien la viſion dans le reſte de la ſurface antérieure de la Rétine, que dans le petit cercle qui répond directement à cette baſe: car puiſque cette petite ſurface circulaire n'eſt pas moins polie que celle où paſſe l'axe de la vûë, puiſqu'elles ſont également contigues à l'humeur vitrée; l'impreſſion que l'une reçoit de la lumière, ne s'étendroit pas plus facilement que celle que reçoit l'autre à travers ce faiſceau de fibres, pour ſe communiquer au cerveau; & le mouvement précipité des eſprits viſuels, que vous ſuppoſez en cet endroit, n'empêcheroit guéres moins leur tranquillité vers l'axe de la vûë, que vers la partie qui eſt directement expoſée à ces fibres ſerrées. Il m'eſt encore impoſſible de comprendre comme il ſe pourroit faire que la lumière qui paſſeroit par derrière par l'ouverture que laiſſe la Choroïde, ne pût faire ſon impreſſion que préciſément

ment ſur la partie de la ſurface de la Rétine qui lui correſpond, puiſqu'y entrant par réflexion, elle s'étendroit obliquement de tous côtez. On en voit l'expérience lorſqu'on laiſſe entrer par un très-petit trou dans une chambre fermée la lumière qui ſe réfléchit ſur quelque maiſon oppoſée: car ſi on met un papier blanc vis-à-vis de ce petit trou, à deux ou trois pieds de diſtance; on verra des images obſcures des diverſes parties de la maiſon ſur les parties du papier qui ſont à côté, auſſi-bien que ſur celle qui lui eſt directement & préciſément oppoſée. On pourra remarquer auſſi, que les objets qu'on ne pouvoit diſtinguer dans la chambre avec cette foible lumière, ſeront facilement diſtingués quand on ouvrira les fenêtres; ce qui détruit entièrement votre ſeconde cauſe. &c.

FIN.

TRAI-

TRAITÉ
DU
NIVELLEMENT,
AVEC
LA DESCRIPTION DE QUELQUES NIVEAUX
nouvellement inventés
Par Mr. MARIOTTE,
de l'Académie Roïale des Sciences.

Imprimé sur la dernière & la plus complette Edition, augmentée & corrigée de nouveau.

Digitized by Google

TRAITÉ DU NIVELLEMENT.

DÉFINITIONS.

I.

DEux points ſont dits être de niveau entr'eux, lorſqu'ils ſont également diſtans du centre de la terre; & un rectangle eſt dit être de niveau, ou poſé horiſontalement, lorſqu'une ligne tirée du centre de la terre au point où s'entrecoupent les diagonales du rectangle, eſt perpendiculaire au plan du rectangle; & ce point ſera dit point d'attouchement.

II.

Lorſqu'un plan touche une ſphére qui a pour centre le centre de la terre, chaque point pris dans ce plan eſt dit être dans un même plan de niveau avec le point d'attouchement.

III.

Un point eſt dit avoir ſon apparence dans le plan du niveau, lorſqu'il paroît dans ce plan; ſoit qu'il y ſoit réellement, ou que les réfractions l'y faſſent paroître.

SUPPOSITIONS.

I.

Si l'on verſe de l'eau au point d'attouchement d'une ſurface horiſontale d'un corps auquel l'eau ne s'attache pas facilement, elle ſe mettra de niveau; c'eſt-à-dire, que lorſqu'elle ſera calme & arrêtée, tous les points pris en ſa ſurface ſupérieure ſeront également diſtans du centre de la terre, hormis vers ſes extrémitez, où elle prendra une figure courbe fort convexe. Comme, ſi la ligne mixte ABCD eſt la ſection d'un plan & d'une ſurface d'eau étendue ſur une ſurface plane horiſontale; tous les points pris en la partie BC ſeront de niveau entr'eux: mais les extrémitez AB, CD, auront une courbure convexe; & la plus grande épaiſſeur que puiſſe prendre l'eau verſée ſur cette ſurface, ſera d'environ une ligne & demi, qui eſt la huitième partie d'un pouce; & la courbure AB, ou CD, n'excédera pas un pouce. Que ſi l'on verſe davantage d'eau, & qu'elle s'étende comme juſques en L & en M, tous les points que l'on prendra en GBECH, ſeront auſſi de niveau entr'eux, & GL & HM prendront une courbure ſemblable à cel-

TAB. XXII. Fig. 1.

celle de AB. Que ſi la ſurface où l'eau eſt verſée, eſt de bois, ou de quelque autre matière où l'eau s'attache, l'eau s'étendra d'elle-même peu à peu, quoiqu'on n'y en verſe point de nouvelle, & diminuera d'épaiſſeur; ce qu'on évitera, ſi on met de la cire aux extrémitez M & L, ou quelque autre matière ſéche & graſſe: mais GBECH, étant partie d'une circonférence d'un grand cercle dont le rayon eſt le demi diamétre de la terre, ſera priſe pour une ligne droite, lorſqu'elle n'excéde pas cinq ou ſix pieds puiſqu'il n'y peut avoir aucune ſenſible différence entre cette ligne courbe & ſa tangente au point E, ſuppoſé également diſtant de G & H.

II.

Si l'on met de l'eau dans un vaiſſeau de bois, comme ABCD, la ligne EF étant dans la ſurface de l'eau, lorſque l'eau aura humecté peu à peu les parties vers G & I, elle prendra vers ſes extrémitez E & F une courbure concave comme GH, IL; mais le reſte HL aura toutes ſes parties de niveau entr'elles, & EH, ou FL, n'excédera pas un pouce. TAB. XXII. Fig. 3.

III.

Si un plan eſt incliné à un plan de niveau au point d'attouchement, l'eau qu'on verſera ſur ce plan, coulera vers le plan de niveau. AB repréſente le plan de niveau, & DC le plan incliné; C eſt le point commun des deux ſections: l'eau coulera de D vers C, ſi elle eſt en quantité ſuffiſante. Ces trois ſuppoſitions ſe prouvent facilement par l'expérience. TAB. XXII. Fig. 3.

IV.

Les points qui ſont dans un même plan de niveau également diſtans du point d'attouchement, ſont de niveau entr'eux; mais ceux qui en ſont inégalement diſtans, ſont inégalement diſtans du centre de la terre, & ne ſont pas de niveau entr'eux.

LEMME.

Si l'on verſe de l'eau ou une autre liqueur à l'extrémité d'un parallélogramme de niveau d'une telle matière qu'elle ne s'y attache point, elle coulera vers le point d'attouchement. Soit BEGNDC la commune ſection d'un parallélogramme de niveau & d'un grand cercle de la terre HGI, dont A eſt le centre & G le point d'attouchement: & du centre A ſoit décrit le cercle FED, de l'intervalle AD; & le cercle NO, de l'intervalle AN; & LDM & PNQ ſoient les touchantes aux points D & N. Or DC étant inclinée à LDM au point D, l'eau coulera de C en D, par la troiſième ſuppoſition; & de D en N, par la même ſuppoſition; & enſuite vers G point d'attouchement de la ligne BC & du cercle HGI, puiſqu'on peut décrire toûjours d'autres cercles entre NO & GI, qui ſeront coupés par la ligne TAB. XXII. Fig. 4.

GC; & par conſéquent elle ſera toûjours inclinée aux touchantes en ce point, & l'eau coulera juſques au point G, qui eſt le plus près du centre A: mais ſi on verſe l'eau fort près de G en petite quantité, & qu'elle s'attache à la matière; cet attachement pourra ſurpaſſer ſon impulſion du côte de G, & l'empécher de couler au commencement qu'elle ſera verſée.

DESCRIPTION DU NIVEAU,

ou inſtrument pour niveller.

TAB. XXII. Fig. 7. CE niveau eſt un petit canal de bois d'une ſeule piéce, repréſenté en la 7e. figure. AB, largeûr du niveau, eſt de 4 ou 5 pouces; ſa longueur BC eſt depuis 2 pieds juſques à 5 ou 6; ſa hauteur AD, de 2 ou 3 pouces; ſon épaiſſeur par en-bas, EF, eſt d'un demi pouce; & IL, épaiſſeur des côtez, eſt d'environ 3 lignes, afin qu'il reſte environ 4 pouces pour la largeur de la ſurface OG, ſur laquelle on doit verſer de l'eau pour niveller. Cette ſurface doit être enduite de cire près de ſes extrémitez ſelon toute ſa largeur, & de la longueur d'environ 4 ou 5 pouces, comme depuis H juſques à M & de N juſques à P, en ſorte que ſi un plan perpendiculaire à cette ſurface la coupe par le milieu en ſa longueur, la ſection de la cire & de la ſurface ſoit comme en la figure 8e, où ABEFCD eſt la ſection de la ſurface ſur laquelle on verſe l'eau; la hauteur & la longueur de la cire eſt repréſentée par les triangles BGE, CHF; ſa figure ſolide eſt comme le coin IL en la 5e. figure; AB ou CD, diſtance des extrémitez du niveau juſques à la cire, eſt de 4 ou 5 pouces; & BG ou CH eſt d'une ligne de hauteur, afin que l'eau étant verſée ſur le niveau juſques à ce qu'elle s'étende en M & N, ſa ſurface ſupérieure, repréſentée par la ligne ponctuée OP, ſoit plus élevée que les points G & H, puiſque par la premiére ſuppoſition elle aura plus d'une ligne de hauteur.

TAB. XXII. Fig 8.

Or ſi l'on verſe de l'eau doucement dans le milieu de ce niveau poſé à peu près horiſontalement, elle s'étendra peu à peu vers les extrémitez; & ſi l'on voit qu'elle coule plus d'un côté que de l'autre, il faudra élever l'extrémité la plus baſſe avec de petits coins de bois, & faire en ſorte que l'eau aille de part & d'autre juſques ſur la cire, à peu près en égale diſtance de GB & CH; & parce que l'eau ne s'attache pas facilement à la cire, elle s'y arrêtera ſans couler plus loin, & rien n'empechera que l'on ne voïe tout le long de ſa ſurface ſupérieure qui ſera de niveau, à la réſerve de ſes extrémitez vers M & N, & joignant les côtez du niveau, par la premiére & ſeconde ſuppoſition. Il n'eſt pas néceſſaire d'obſerver préciſément toutes les meſures ci-deſſus, & l'on y peut un peu ajoûter ou diminuer.

USA-

USAGE DE CE NIVEAU.

SI l'on veut trouver deux points de niveau éloignés l'un de l'autre d'environ 200 pieds, il faut placer le niveau au milieu de la diſtance; & après l'avoir tourné du côté des points à niveller, en ſorte qu'un plan paſſant par ces points coupe le niveau ſelon la longueur, on y verſera l'eau, comme il a été dit ci-deſſus; puis on taillera une petite bande de papier ou de carton blanc, qui ait les angles droits & les côtez oppoſés paralleles, longue d'environ 12 pouces, & large de deux, comme ABCD, près du milieu de laquelle on tirera deux lignes noires paralleles à AB, comme FE, GH, diſtantes de 2 ou 3 pouces l'une de l'autre, & on les groſſira juſques à la largeur d'environ 2 ou 3 lignes; après on fera porter ce papier vers l'un des points qu'on voudra niveller, & le faiſant tenir perpendiculairement à l'horiſon, en ſorte que les lignes FE, GH, qu'on appellera les ſignes, ſoient à peu près horiſontales, on le fera hauſſer & baiſſer, juſques à ce que tenant l'œil environ à un demi pied de diſtance du niveau, & un peu plus haut que la ſurface de l'eau, l'on voïe dans l'eau l'image du ſigne ſupérieur, & non celle du ſigne inférieur, & que les trois ſignes noirs qui paroîtront, ſçavoir les deux du papier & l'image du ſupérieur, ſoient apparemment en égales diſtances entr'eux; ce que l'on obſervera facilement, ſi l'œil étant ſuffiſamment baiſſé, on fait baiſſer le papier, au cas que le troiſième ſigne, qui eſt l'image du ſupérieur, paroiſſe trop éloigné de celui du milieu, ou qu'on le faſſe hauſſer s'il en paroît trop proche; & lorſqu'on les jugera tous trois en diſtances égales, le milieu de la largeur du ſigne inférieur ſera dans un même plan de niveau avec le milieu de la ſurface de l'eau, & ſi l'on marque contre un mur, ou ailleurs un point de même hauteur que ce milieu du ſigne inférieur, ce ſera un des points requis: l'on fera de même de l'autre part, & l'on aura deux points diſtans entr'eux de 200 pieds, également diſtans du centre de la terre. TAB. XXII. Fig. 6.

DÉMONSTRATION.

AB eſt une ligne de commune ſection d'un plan vertical, & de la ſurface horiſontale de l'eau qui eſt dans le niveau; la ligne CD, perpendiculaire à l'horiſon, eſt la ſection de la bande de papier où ſont les ſignes par le même plan vertical; E & C ſont des points dans le milieu des ſignes. Or ſi l'on ſuppoſe que la ligne AB comme droite ſoit continuée en E, & que l'œil ſoit en F; un rayon de C, tombant ſur l'eau en G, ſe réfléchira en F, ſi l'angle CGE eſt égal à FGA, & le point C ſera vû par réflexion au point D, & DE ſera égal à CE par les principes d'Optique. Que ſi l'œil eſt reculé en L, ou abaiſſé TAB. XXIII. Fig. 9.

en H, il verra l'image du point C en D ſelon la ligne LHID; & plus l'œil ſera proche de l'eau, ou éloigné de CD, plus le point d'interſection du rayon viſuel & de la ligne AE s'approchera du point A: comme, s'il eſt en M, ce point ſera N dans la ſurface de l'eau qui eſt dans le niveau, & ED paroîtra toûjours égale à EC; & par conſéquent le point E, qui eſt au milieu du ſigne inférieur, ſera dans le même plan horiſontal que la ligne AB, ou que le plan touchant la ligne AB au point N, qui dans une diſtance comme de cent pieds, peut être pris pour une même choſe, puiſque la différence n'eſt pas $\frac{1}{10}$ de ligne, ſuppoſant le demi diamétre de la terre de 20000000 pieds, laquelle différence eſt inſenſible. Mais quand par quelque cauſe naturelle inconnue, le point E paroîtroit plus haut que le juſte niveau, le point à niveller de l'autre part paroîtra auſſi plus haut; ſi plus bas, l'autre paroîtra auſſi plus bas dans les mêmes proportions: donc ils ſeront toûjours dans un même plan de niveau; & étant également diſtans du point N, ils ſeront également diſtans du centre de la terre par la quatriéme ſuppoſition.

Ceux qui n'entendent pas les démonſtrations, & qui ont quelquefois remarqué, que lorſqu'une eau dormante bat contre un mur de pierre de taille, les jointures des pierres paroiſſent auſſi enfoncées ſous l'eau qu'elles ſont élevées au-deſſus, ſoit qu'on en ſoit loin ou près, & à quelque diſtance que les yeux ſoient de l'eau, pourront connoître la certitude & la juſteſſe de ce nivellement, & que l'image du point C doit toûjours paroître autant au-deſſous de la ligne AE, qu'il eſt élevé au-deſſus.

Que ſi l'on objecte qu'on ne peut juger préciſément quand le point E eſt également diſtant de D & C; l'on répond que l'excès, ou le défaut, s'il y en a, ſera moindre qu'une demi ligne dans une diſtance de 100 pieds: car ſi dans une même bande de papier blanc on met trois lignes paralleles A, B, C, en égales diſtances d'un pouce, & trois autres D, E, F, en inégales diſtances, dont la différence ſoit d'une ligne; l'on connoîtra facilement la diſtance inégale EF. De même, ſi ABE eſt une ligne de niveau de 100 pieds, & AB, ſection de l'eau du niveau, une ligne de 2 ou 3 pieds; & qu'on éléve la ligne CD d'une demi ligne, en ſorte que le point E ſoit comme en F: le point C ſera auſſi élevé d'une demi ligne comme en G; & l'image du point F paroîtra comme en H, EH étant d'une demi ligne; & HI étant égale à GF, l'image du point G paroîtra en I. Donc FI excédera FG d'une ligne entiére, lequel excès eſt facilement diſcerné d'une diſtance de 100 pieds: donc l'erreur ſera toûjours moindre que FE égale à une demi ligne; & dans les autres diſtances à proportion, ſi on augmente la largeur des ſignes & leurs intervalles à proportion des diſtances. On peut encore objecter que les lignes EC & ED étant vûes du point M, l'angle EMC ſera plus grand que l'angle EMD; ce qui doit faire paroître EC

TAB. XXIII. Fig. 10.

TA XXIII. Fig. 11.

TAB. XXIII. Fig. 9.

plus

plus grand que ED. A cela on répond que cette différence d'angle eſt inſenſible, & que puiſque l'œil en M ne doit être élevé qu'environ une ligne au-deſſus de la ſurface de l'eau AB, cette élévation n'empêche pas qu'on ne juge à fort peu près de l'égalité de ces lignes. Lorſqu'on fait pluſieurs nivellemens de ſuite, il faut à chaque fois verſer l'eau du niveau par un des bouts, qu'on eſſuïera enſuite exactement avec un linge; car autrement l'eau couleroit hors du niveau, quand on y en verſeroit pour faire un ſecond nivellement.

Lorſque les diſtances excédent 30 toiſes, il faut ſe ſervir au lieu de papier d'un petit ais long de 3 ou 4 pieds, & large de 4 ou 5 pouces, ſur lequel, ſi le fond eſt noir, on collera, ou on attachera deux bandes de papier blanc larges d'un demi pouce, & d'un intervalle de 4 ou 5 pouces pour ſervir de ſignes; & on obſervera que ces ſignes ſoient plus éloignés des extrémitez de l'ais qu'ils ne ſont entr'eux, pour faire bien diſcerner l'image du ſigne ſupérieur: ces ſignes ſeront paralleles les uns aux autres, & on tirera une ligne noire dans le milieu de l'inférieur, pour marquer le vrai endroit du niveau; il y aura un manche au haut de l'ais pour le tenir plus commodément perpendiculaire à l'horiſon. Il faut augmenter la largeur & la diſtance des ſignes, lorſque les diſtances des points à niveller ſont plus grandes. Que ſi ces diſtances excédent 400 toiſes, il faudra ſe ſervir d'une perche, au haut & vers le bas de laquelle on ſuſpendra deux petits ais larges de huit ou dix pouces, & longs d'environ 2 pieds, éloignés l'un de l'autre de 8 ou 10 pieds, pour ſervir de ſignes; leſquels ais ſeront blancs ou noirs ſelon le fond qui ſera par derrière; & on augmentera la grandeur de ces ais & leurs intervalles, juſques à ce qu'on puiſſe diſcerner la réflexion du ſigne ſupérieur.

On ſe perfectionnera par l'uſage dans la facilité de ſe ſervir de ce niveau; & pour vérifier ſon exactitude, on choiſira une eau dormante d'environ 60 ou 80 toiſes de longueur; & après avoir élevé le niveau ſur le bord de l'eau, en ſorte qu'un pendule mis à l'extrémité du niveau trempe dans l'eau, on meſurera la hauteur depuis l'eau dormante juſques à la ſurface ſupérieure de l'eau du niveau marquée par un point à l'extrémité du niveau, comme le point X dans la figure ſeptième: après on poſera un bâton vers l'autre bord de cette eau dormante, en le plantant perpendiculairement ou à peu près; & on fera couler l'ais avec les ſignes blancs ou noirs le long du bâton, juſques à ce qu'on ait trouvé le point de niveau, comme il a été enſeigné ci-deſſus: enſuite on meſurera avec le pendule la diſtance du milieu du ſigne inférieur juſqu'à l'eau, & ſi on la trouve à peu près égale à la premiére meſure, on ſera aſſûré de la bonté du niveau.

On peut auſſi, faute d'eau dormante, vérifier cette juſteſſe en prenant trois points éloignés l'un de l'autre de 100 ou 120 toiſes. Car, ſi on nivelle le premier & le deuxième, puis après le deuxième & le troi-

troiſiéme, & enfin le troiſiéme & le premier; & qu'on trouvé le même premier point en ce dernier nivellement à 7 ou 8 lignes près; on ſera aſſûré de la bonté du niveau, & du nivellement, du moins ſi on fait pluſieurs ſemblables expériences: car encore que le nivellement ne fût pas juſte, il pourroit arriver que, ſi dans les deux premiers nivellemens on avoit pris trop haut de 3 ou 4 pieds, on prendroit trop bas de 3 ou 4 pieds au dernier, & par ce moïen l'une des erreurs recompenſeroit l'autre. On connoîtra par ces mêmes expériences les défauts des autres niveaux.

Le défaut ordinaire des niveaux qui ſont le plus en uſage, eſt, qu'ils ne determinent pas un point certain; ſoit qu'on regarde par des fentes, ou par de petits trous, ou le long d'une ſurface plane; ou qu'on ſe ſerve de deux filets tendus horiſontalement: lequel défaut procéde de ce que la prunelle de l'œil a quelque largeur, & que l'on ne peut diſcerner lorſque ſon centre eſt en une même ligne droite avec deux points viſibles.

Le Chorobate décrit par Vitruve en ſon *huitiéme Livre*, *Chapitre ſixieme*, a encore un autre défaut, qui eſt, qu'on ne peut juger préciſément quand la ſurface de l'eau eſt le long de la ligne qui y eſt marquée; parce que l'eau faiſant une concavité près de cette ligne par la ſeconde ſuppoſition, on ne peut reconnoître l'extrémité ſupérieure de cette concavité. D'ailleurs, ſuppoſant, comme il fait, la longueur du Chorobate de 20 pieds, il ſera difficile de l'empêcher de ſe courber par ſon poids, s'il eſt peu épais; & s'il l'eſt beaucoup, il ſera incommode à tranſporter d'un lieu à un autre, & il ne laiſſera pas de ſe courber un peu, même la chaleur du ſoleil lui fera perdre ſa rectitude: en tous leſquels cas il ſera ſujet à de grandes erreurs, ſans celle qui doit arriver lorſque les points de mire, c'eſt-à-dire, les fentes, ou les petits trous au travers deſquels on regarde les objets à niveller, ne ſont pas en une ligne parallele à la ſurface de l'eau. La double équiére dont on ſe ſert ordinairement, ſemblable à la lettre T, & qui eſt le même Chorobate décrit par *Vitruve*, lorſqu'au lieu d'eau on ſe ſert d'un pendule, a auſſi de grands défauts; car il eſt très-difficile de faire en ſorte que la ligne qui eſt tracée le long de la régle où doit battre le fil du pendule, ſoit préciſément à angles droits ſur l'autre régle. Il eſt encore plus difficile de mettre cette ligne parfaitement perpendiculaire à l'horiſon; car cela conſiſte en un point indiviſible, de la même ſorte qu'on ne peut faire tenir debout une épée par ſa pointe ſur un miroir bien uni: & quand par hazard on auroit mis cette ligne à plomb, on ne la pourroit connoître qu'à peu près, parce qu'il eſt impoſſible de diſcerner ſi le centre de l'œil, le fil du pendule, & cette ligne, ou le point qui ſera marqué vers ſon extremité inférieure, ſont en un même plan; & s'ils ne ſont pas en un meme plan, il ſe ſera parallaxe; ce qui empêchera de connoître la juſte poſition de cette ligne. Il y aura encore

du

du doute ſi les points de mire ſont dans un même plan parallele au plan de la régle horiſontale: outre que le plomb eſt preſque toûjours en mouvement, tant à cauſe du vent, que par celui qu'on lui donne en l'ajuſtant, qui ne s'arrête de long-tems; & ſi le plan de l'autre régle n'eſt pas perpendiculaire à l'horiſon, il arrivera, ou que le fil du pendule s'en éloignera trop, ou qu'il s'appuïera contre, & s'arrêtera ailleurs que dans ſon vrai point, & ſouvent les vibrations ſe feront de travers ou en ovale, tant parce que le fil eſt tors, que par d'autres cauſes: toutes leſquelles choſes empêcheront de connoître la juſte ſituation de ce niveau, quelque exactitude qu'on y puiſſe apporter; & ſi on eſt peu exact, le nivellement ſera fort défectueux.

On trouvera de ſemblables défauts, à peu près, dans les autres niveaux qui ſont en uſage. Et il eſt facile de juger, qu'ils doivent etre beaucoup au-deſſous de la juſteſſe & de la certitude de celui qui eſt décrit ci-deſſus: parce que l'eau ſe met toûjours d'elle-même en un parfait niveau; que l'angle de réflexion eſt toûjours égal à celui d'incidence; & qu'on ne manque jamais à diſcerner, à fort peu près, ſi les diſtances de trois lignes paralleles peu éloignées l'une de l'autre, ſont égales entr'elles ou non. Que ſi on ne veut rien donner à l'eſtime, & qu'on veuille niveller dans une parfaite préciſion; on ajoûtera à ce niveau des lunettes d'approche, comme il ſera enſeigné ci-après.

Lorſqu'on nivelle à la campagne, il fait ordinairement du vent, qui fait rider le haut de l'eau du niveau, de manière qu'on ne peut pas diſcerner nettement l'image du ſigne ſupérieur. Pour remédier à ce défaut, il faut couvrir le niveau avec un autre canal un peu plus large & plus long, & creux d'environ un pouce; & par ce moïen l'eau demeurera calme, & ſans rides, ſi le vent eſt foible, & qu'il vienne de travers, ou par derrière. On attachera auſſi à l'extrémité de cette couverture qui paſſe au-delà du niveau, une feuille de carton, ou autre choſe ſemblable, du côté que vient le vent, s'il eſt un peu fort, afin qu'il ne ſe rabatte pas dans le canal. Que ſi le vent enfiloit directement le canal, on pourra mettre une glace de miroir bien fine un peu au-delà de la cire, à travers de laquelle on verra les objets très-diſtinctement, & on attachera un petit quarré de carton au haut de la couverture, qui deſcendra un peu plus bas que le haut du verre; ce qui mettra ſuffiſamment l'eau du niveau à couvert. Mais, parce que les ſurfaces de ces glaces de miroir ſont rarement bien planes & paralleles, il faudra les éprouver en un lieu où il ne faſſe point de vent, & les mettre en ſorte qu'on voïe au travers la même égalité de diſtance des ſignes entr'eux, qu'on voïoit ſans le verre. Pour faire cette épreuve juſte, il faut faire une renure au fond & aux côtez du niveau un peu au-delà de la cire, pour y mettre un petit quadre de fer blanc ou d'autre matière qui portera le verre, qui doit être rond, & qu'on tournera de tous côtez, juſques à ce qu'il faſſe un bon effet; & on mar-

quera cette ſituation, pour le mettre toûjours de même, ou pour l'y affermir. Mais ſi on ne veut pas ſe ſervir de verre dans le doute qu'il pourroit cauſer de l'erreur, on ne nivellera pas droit à l'objet d'où vient le vent, mais on nivellera un autre objet à côté, & enſuite on fera un ſecond nivellement vers l'endroit à niveller; & par ce moïen le vent ne pourra nuire, pourvû qu'il ſoit foible: mais s'il eſt médiocre, il faudra, avant que de mettre l'eau dans le niveau, le poſer ſur un ais plus long d'environ 2 pieds, & de 12 ou 15 pouces de largeur; & après avoir tout préparé comme il eſt dit ci-deſſus, on couvrira l'ais & le niveau d'une couverture de bois léger, ſemblable à une caiſſe ſans couvercle, un peu moins longue & large que l'ais, & d'environ un pied de hauteur. On y fera une ouverture quarrée de 3 ou 4 pouces à chaque extrémité, pour pouvoir regarder le long de l'eau les objets à niveller: on pourra même ajuſter quelque petite piéce de cuir ou de toile à l'ouverture du côté de l'œil, qui ſe ſerrera comme une bourſe à l'entour d'un petit tuyau d'environ un pouce de largeur, de maniére que l'œil, s'appliquant à ce tuyau pour regarder le long de l'eau, il ne puiſſe entrer de vent de ce côté-là. On fera, ſi l'on veut, cette couverture de toile un peu épaiſſe, qu'on ſoûtiendra au-deſſus du niveau, par le moïen de pluſieurs petits bâtons plantés ſur les bords de l'ais, & élevés perpendiculairement; & par le moïen de ces couvertures le niveau ſera ſuffiſamment à l'abri du vent, pourvû que le vent ne ſoit que médiocre, ou un peu plus que médiocre: car s'il eſt grand & violent, il eſt difficile d'empêcher qu'il ne donne quelque mouvement à l'eau, & il ne faut pas alors entreprendre de niveller.

On peut mettre du vif-argent dans le niveau au lieu d'eau, aprés l'avoir paſſé au travers d'un linge, ou d'une peau de chamois pour en ôter la craſſe: mais au lieu de cire, il faudra coller ſur le fond du niveau un petit filet de bois d'une ligne de hauteur, pour empêcher le vif-argent de couler; & on aura cet avantage, que le vent ne fera pas ſi facilement rider ſa ſurface, & qu'il repréſentera mieux l'image du ſigne ſupérieur; & pour empêcher qu'il ne ſe perde en coulant hors du niveau, (car il faut être bien exact pour l'empêcher,) on ſuſpendra vers ſes extrémitez de petits vaiſſeaux de bois pour le recevoir.

Dans les grandes diſtances, comme de 1000 toiſes & au-delà, l'extrémité de la tangente qui eſt dans le plan de niveau, eſt ſenſiblement plus éloignée du centre de la terre que le point où elle touche le milieu de l'eau du niveau, comme on peut voir par la 4e. figure, où G D eſt la tangente, & G le point d'attouchement. Pour calculer cette différence, qui n'eſt autre choſe que R D, différence du rayon A R, & de la ſécante A D; il faut réduire en pieds le demi diamétre de la terre, & à ſon quarré ajoſter le quarré de la diſtance à niveller réduite auſſi en pieds, & de la ſomme tirer la racine quarrée, de laquelle étant ôté le demi diamétre de la terre, le reſte ſera cette différence préciſément.

TAB. XXII. Fig. 4.

Digitized by Google

ment. Pour abréger ce calcul, après avoir trouvé le quarré de la diſtance nivellée, il faut le diviſer par 40000000 pieds, qu'on ſuppoſe être le diamétre entier de la terre, & le quotient ſera la différence réquiſe à fort peu près; comme, ſi la diſtance eſt de 5000 pieds, ſon quarré eſt 25000000, lequel étant diviſé par 40000000, donne pour quotient $\frac{5}{8}$ de pied ou 90 lignes, qui eſt la différence réquiſe.

Ce calcul eſt fondé ſur la 36. du troiſiéme d'*Euclide*, excepté qu'on ne conſidére pas le petit quarré de $\frac{1}{8}$, ſçavoir $\frac{1}{64}$, comme de peu d'importance à l'égard de 25000000.

Il faut remarquer que ſi on augmente la diſtance des points à niveller par intervalles égaux, comme 500 pieds, 1000 pieds, 1500 pieds, 2000 pieds, &c. juſques à 5 ou 6 lieuës, les différences des ſécantes & du rayon augmenteront à fort peu près comme les quarrez des nombres de ſuite 1, 2, 3, 4, &c. ce qu'on peu connoître dans les tables des ſinus. Comme, ſi la diſtance de 5000 pieds donne de différence une ligne, celle de 100 pieds donnera 4 lignes, celle de 1500 pieds 9 lignes, &c. Et parce que la grandeur du diamétre de la terre eſt environ 40000000 pieds, une lieuë donnera 5 pieds 8 pouces quelques lignes, 2 lieuës le quadruple de ces 5 pieds 8 pouces, &c. ce que pluſieurs qui ſe mêlent de niveller, ne conſidérent nullement.

Il eſt encore néceſſaire de ſçavoir que dans les grandes diſtances un même objet paroît de différentes hauteurs par les réfractions, & change preſqu'à toutes les heures du jour; c'eſt-à-dire, que s'il eſt le matin au lever du ſoleil en une même ligne droite avec un objet peu éloigné, il paroîtra plus bas une heure après le ſoleil levé, & encore plus bas quand l'air ſera plus échauffé; & plus les matinées ſeront fraîches & l'air ſerrain, plus les objets éloignés paroîtront élevés; & quelquefois les objets qui ſont à une diſtance d'environ 500 pas, paroîtront s'élever, & en même tems ceux qui ſont beaucoup éloignés, s'abaiſſer, principalement lorſque le ſoleil luit, comme on a reconnu par pluſieurs obſervations faites en divers lieux, & en diverſes ſaiſons, même à l'égard des objets moins élevés que l'obſervateur, ou d'égale élévation; & on a remarqué quelquefois, qu'un objet qui avoit paru à midi plus bas que le plan de niveau, paroiſſoit le lendemain matin plus de 20 pieds plus haut que ce plan, en une diſtance d'environ 2 lieuës. D'où il s'enſuit que le plus ſûr moïen pour bien niveller de grandes diſtances, eſt de faire le nivellement à pluſieurs fois: comme, ſi AB eſt d'une diſtance d'une lieuë à niveller, il faudra niveller pluſieurs de ſes parties de ſuite, comme AC, puis CD, puis DE, & enſuite EF, FG, GH, & enfin HB. Que s'il y a des vallées entre-deux, ou des eaux, ou des bois qui empêchent ces petits nivellemens, & que l'on ſoit obligé de niveller à une fois, ou que par curioſité on veuille niveller des objets à une diſtance d'une ou deux lieuës, ou davantage, il faut qu'il y ait un nivelleur à chaque extrémité, comme en A & B, & TAB. XXIII. Fig. 12. TAB. XXIII. Fig. 13.

& qu'ils nivellent de l'un à l'autre en même tems lorſque le ſoleil eſt couvert de nuées; & s'ils trouvent la meme différence excédante, ou défaillante, les deux lieux ſeront de niveau entr'eux, comme auſſi ſi on les trouve réciproquement dans le plan de niveau: mais ſi l'une des différences eſt en-deſſus, & l'autre en-deſſous, comme ſi B paroît au nivelleur en A plus haut que le niveau, & A plus bas que le niveau au nivelleur en B; il faut ajoûter les deux différences enſemble, ſoit qu'elles ſoient égales, ou inegales, & la moitié de la ſomme ſera la différence du niveau des deux lieux A & B: que ſi toutes deux ſont plus hautes, ou plus baſſes, inégalement, la moitié de leur différence ſera la vraie différence de niveau, quelle que ſoit la grandeur de la terre, & quelle que puiſſe être la réfraction au tems du nivellement, laquelle on ſuppoſe être réciproque, ou la même aux deux nivelleurs en A & B, lorſque le tems eſt ſombre, & que le ſoleil n'éclaire aucun des objets à niveller, ni ce qui eſt entre-deux.

DÉMONSTRATION.

TAB. XXIII. Fig. 14. A & C ſont ſuppoſés être de niveau entr'eux: A & B ſont les points à niveller: & CB étant perpendiculaire à AC, & parallele & égale à AE, ſoit continuée AE de part & d'autre en F & H, en ſorte que EF ſoit égale à AE, & AH à CG ajoûtée directement à CB. Or, ſi la réfraction éléve autant l'apparence des objets eloignés, que la tangente s'éléve par deſſus ces objets; C paroîtra au nivelleur en A dans le plan de niveau, & B lui paroîtra au-deſſous de ce plan de la diſtance CB, qui eſt la véritable; & par la même raiſon E, qui eſt de niveau avec B, paroîtra au nivelleur en B dans le plan de niveau, & A lui paroîtra plus haut de ſa vraie hauteur EA ou BC. Donc la ſomme de ces deux différences, dont l'une eſt en-deſſous & l'autre en-deſſus, ſera égale à deux fois BC, & par conſéquent la moitié ſera BC, vraie difference de niveau des deux points A & B. Que ſi la réfraction éléve moins, par exemple, de deux pieds; B paroîtra plus bas de deux pieds que la diſtance CB au nivelleur en A, & par conſequent la difference de niveau ſera CB plus deux pieds en-deſſous: mais en recompenſe A paroîtra au nivelleur en B deux pieds moins haut que la diſtance EA. Donc la ſomme de ces deux différences de niveau ſera double de BC. Le même arrivera ſi la réfraction éléve plus l'apparence de C que la tangente ne s'éléve par deſſus. Car, ſoit l'excès BD de trois pieds; donc B paroîtra au nivelleur en A moins bas de trois pieds que la diſtance CB: mais en recompenſe A paroîtra au nivelleur en B plus haut de trois pieds que la diſtance EA ou BC; donc la ſomme de ces différences apparentes ſera toûjours double de BC. Que ſi la réfraction éléve tant, que B paroiſſe auſſi haut que le niveau; alors, ſi AEF eſt double de AE, F paroîtra auſſi au nivelleur en B dans le plan de

de niveau, & A paroîtra plus haut que B de toute la distance FA double de BC. Et si la réfraction éléve encore plus, en sorte que BC étant continué en G, paroisse plus haut que le niveau AC, de la distance CG, A paroîtra d'autant plus haut; & si AH est égale a CG, A paroîtra au nivelleur en B au-dessus de son plan de niveau de toute la distance FH; donc, si suivant la régle ci-dessus on ôte CG, c'est-à-dire, AH de FH, (car les différences apparentes de niveau seront toutes deux en-dessus,) le reste sera encore FA double de BC. Que si la réfraction est si petite, & la distance AB si grande, que A paroisse de niveau au nivelleur en B, ou meme au-dessous du niveau, on prouvera par les mêmes raisons, qu'au premier cas B paroîtra au nivelleur en A au-dessous de son plan de niveau d'une distance double de BC; & qu'au deuxième cas, si on ôte la différence apparente du point A de l'autre différence, à cause qu'elles seront toutes deux en-dessous, le reste sera encore double de BC, & par conséquent en tous ces cas la moitié BC, suivant la régle ci-dessus, sera la vraie différence de niveau; ce qui étoit à prouver. Si donc B est trouvé, par exemple, 4 pieds plus bas que A au nivelleur étant en A, & A plus haut de 18 pieds que B au nivelleur en B; il faut de la somme 22 prendre la moitié 11, & ce sera la vraie différence de niveau BC. Mais, si à cause de la grande réfraction B paroît plus haut de 2 pieds que A au nivelleur en A, & A plus haut de 20 pieds que B au nivelleur en B, faisant l'observation en même tems, comme il a été enseigné ci-dessus; 9 pieds, moitié de leur différence 18, sera BC différence réelle de niveau des deux points A & B. On fera un semblable calcul, si les différences sont toutes deux en-dessous, & l'on prouvera facilement que lorsque A & B sont en même niveau, on trouvera toujours les memes différences de même part.

Mais, parce qu'on a de la peine à discerner les objets qui doivent servir de signes, quand ils sont éloignés d'une ou deux lieuës, & même de 200 ou 300 toises; & que les signes devant être alors beaucoup éloignés l'un de l'autre; il est plus difficile de bien discerner l'égalité de leurs distances que quand ils sont à cinq ou six pouces: on pourra se servir d'une lunette d'approche, par le moïen de laquelle on déterminera parfaitement le point de niveau dans ces distances éloignées; ce qu'on fera en cette sorte:

Il faut donner à l'objectif le plus qu'on pourra de largeur horisontale, afin que les images des objets réfléchis sur l'eau du niveau, soient plus visibles, & peu de verticale; & au lieu de 2 signes blancs, il en faut mettre 3 d'égale largeur, en égales distances, dont l'inférieur ait quelques traits noirs de haut en bas, & n'occupe pas toute la largeur de l'ais, pour le distinguer des autres. On mettra l'objectif de la lunette fort près de la cire, en sorte que son centre soit élevé environ une ligne plus haut que la surface de l'eau: il y aura un petit creux au bout du

canal, à un demi pouce de la cire, pour loger l'extrémité de la lunette; & on fera ce creux en talut, & long de 5 ou 6 pouces, pour la mettre facilement, en l'avançant, ou reculant, en la ſituation la plus commode pour diſcerner l'image du ſigne ſupérieur. La lunette étant bien ajuſtée, ſi on regarde les 3 ſignes à travers, & qu'on faſſe hauſſer & baiſſer l'ais juſqu'à ce que l'image du ſigne ſupérieur couvre préciſément à l'œil le ſigne inférieur marqué de petits traits noirs, la ligne tracée dans le milieu du deuxième ſigne ſera dans le plan de niveau, ou du moins y aura ſon apparence; ce qui ſe prouve en cette ſorte:

TAB. XXIII. Fig 15. Soient C & D deux points également éloignés du point E, & NO la ſection perpendiculaire de l'objectif de la lunette paſſant par ſon centre P, lequel centre, comme il a été dit, doit être élevé plus haut que la ſurface ſupérieure de l'eau AB: ſoit tirée la droite DB, & continuée juſques à ce qu'elle rencontre NO un peu plus haut que P, comme en R. Il eſt manifeſte que les rayons du point D, qui eſt le ſigne inférieur, tomberont tous ſur l'objectif au-deſſus de R, comme le rayon DS; & que ſi on tire DAQ coupant NO en Q, les rayons réfléchis du point C ſur AB tomberont entre R & Q ſur l'objectif: car un rayon comme CM, ſe réfléchiſſant en MP, P ſera en la ligne droite DMP, par les régles de la Catoptrique: donc tous les rayons réfléchis feront le même effet ſur la lunette, que s'ils venoient du point D; & par conſéquent l'image du point C & le point D ne paroîtront à l'œil qu'un meme point, & ſe couvriront l'un l'autre préciſément, quoique leurs rayons tombent en divers endroits de la lunette; ce qui n'arrivera que lorſque le point E ſera dans le plan de niveau qui touche la ſurface de l'eau; ce qui étoit à prouver.

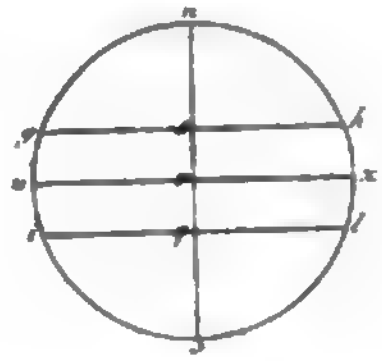
Il eſt aiſé à juger que plus le niveau ſera long, & les points C & D diſtans du point E, plus il tombera de rayons réfléchis du point C ſur l'objectif, & moins de ceux du point D; ce qui ſervira à régler l'ouverture de l'objectif & la ſituation de la lunette ſelon ſa grandeur & celle du niveau.

Il faut remarquer que, ſi l'oculaire de la lunette eſt convexe, le ſigne inférieur paroîtra le plus haut des trois; & ſi l'image du ſupérieur paroît encore plus haute, il faudra faire baiſſer l'ais; & ſi elle paroît plus baſſe, il le faudra faire élever. Pour éviter la confuſion des ſignes, on pourra ôter celui du milieu; & lorſque l'image du ſupérieur paroîtra couvrir l'inférieur, le milieu entre les deux ſignes ſera dans le plan de niveau: on pourra marquer ce milieu par une ligne parallele aux ſignes.

Lorſque le ſigne ſupérieur eſt beaucoup éloigné de l'inférieur, on diſtingue mieux ſon image; & il n'eſt pas néceſſaire de voir en même tems ce ſigne, mais il ſuffit qu'on voïe ſon image couvrir le ſigne inférieur. Que ſi l'on ne voit pas cette image, c'eſt une marque que le ſigne n'eſt pas aſſez élevé, ou que la lunette n'eſt pas bien placée.

Pour

Pour bien entendre ces choſes, il faut ſuppoſer que la ligne E A ſoit continuée juſques à la rencontre de la ligne N O, qui repréſente le diamétre vertical de l'objectif de la lunette; & conſidérer les deux triangles ſemblables C B E, R B T: car ſi B E eſt de deux cens pieds, & E C d'un demi pied, E C ne ſera que $\frac{1}{400}$ de la diſtance B E; & ſi l'eau B A eſt de cinq pieds, c'eſt-à-dire, de ſept cens vingt lignes, & A T de quatre-vingts lignes, la toute B T ſera de huit cens lignes, & par conſéquent T R ſera de deux lignes, parce qu'elle doit être $\frac{1}{400}$ de la longueur B T; & ſi on tire le rayon C A, & que la réflexion ſoit au point Q, T Q ſera $\frac{1}{2}$ de ligne, & par conſéquent Q R aura deux lignes de longueur moins $\frac{1}{2}$. D'où il s'enſuit, que ſi on met l'œil au lieu de l'objectif de la lunette, & que la prunelle, c'eſt-à-dire, l'ouverture de l'uvée par où la lumière paſſe dans l'œil, ne ſoit pas plus grande qu'une ligne & demi; on verra preſque auſſi clairement l'image du point C par réflexion, que directement, parce que quand la lumière tombe ſur l'eau fort obliquement, elle ſe réfléchit preſque toute entière: mais ſi la prunelle de celui que nivelle, eſt de deux lignes de largeur, ou plus, il ne verra pas ſi clairement ce point par réflexion; & à plus forte raiſon, ſi la hauteur E C étoit beaucoup moindre que ſix pouces, & l'eau du niveau moins longue que cinq pieds. Les ſignes-mêmes ſe confondent quand ils ſont trop proches l'un de l'autre: car deux ſignes blancs ſur un fond noir diſtans entre eux d'environ un pouce, ne paroîtront que comme un ſeul ſigne, ſi on les regarde d'une diſtance de plus de vingt toiſes. Ceux qui ont l'ouverture de la prunelle plus large que deux lignes, trouveront par expérience, que ſi le niveau n'eſt que de deux pieds & demi de longueur, & que les deux ſignes blancs ſoient ſeulement à deux ou trois pouces l'un de l'autre, & éloignés du niveau de deux cens pieds, ils ne pourront que très-difficilement diſcerner l'image du ſigne ſupérieur, & encore moins ſi les ſignes ſont noirs ſur un fond blanc; parce que les rayons réfléchis de chaque point de ce ſigne n'occuperont, ſelon le calcul ci-deſſus, qu'environ le quart du diamétre vertical de la prunelle; ce qui ne ſuffit pas pour faire une impreſſion aſſez forte ſur les nerfs de la viſion; & c'eſt par cette raiſon qu'on ne voit pas par réflexion les objets qui ſont fort peu élevés au-deſſus de l'eau du niveau. Le même défaut arrivera ſi on ſe ſert d'une lunette d'approche: car, ſi *no*, dans cette figure, repréſente le diamétre de l'ob-



jectif

TAB. XXIII. Fig. 15. jectif NO de la figure quinzième, & le cercle *ngob* l'objectif entier, dont le seul espace *gilb* soit découvert; la partie de la ligne verticale *sq* où tomberont tous les rayons réfléchis du signe superieur, sera moindre qu'une demi ligne; & quoique l'ouverture ait toute sa largeur horisontale *urx*, comme on le voit en la figure, l'image du signe supérieur paroîtra fort foiblement, ou point du tout. Mais si EC est de cinq ou six pouces, & AB de quatre ou cinq pieds, on la discernera fort bien, pourvû que *qr* soit d'environ deux lignes, & *ux* d'un pouce, ou plus, si la lunette est de deux ou trois pieds de longueur: car en faisant descendre l'objectif peu à peu le long du talut, qui doit etre à l'extrémité du niveau, comme il a été dit, il arrivera enfin que tous les rayons réfléchis du signe supérieur tomberont sur l'espace *uilx* de deux lignes de hauteur, & le rempliront presque entièrement; ce qui suffira pour faire voir clairement son image; & parce qu'alors les rayons directs du signe inférieur tomberont sur l'espace *uxbg*, qu'on suppose aussi de deux lignes de hauteur, il sera vû un peu mieux que cette image; ce qui est nécessaire, afin de les pouvoir distinguer.

Il est évident que si on baisse un peu plus l'objectif le long du talut, il restera moins d'ouverture pour les rayons du signe inférieur, & qu'il pourra paroître moins clair que l'image du supérieur; & que si on le hausse un peu plus, on aura de la peine à discerner cette image. En tous ces nivellemens, il faut avoir soin de bien couvrir l'eau du niveau, afin qu'il n'y tombe point de saletez, car elles nuiroient beaucoup à la réflexion des rayons.

On peut se servir aussi de lunettes, si on veut, dans les médiocres distances: car on déterminera plus précisément le vrai niveau, & on ne donnera rien à l'estime. Que si on vouloit niveller à de grandes distances, ou que l'on n'eût pas de signes qui pussent être haussés & baissés; il faudra ajuster à l'extrémité d'un petit tuyau, qu'on mettra dans celui qui porte l'oculaire convexe, trois petits filets ou cheveux en égale distance, & paralleles entr'eux, éloignés l'un de l'autre d environ deux lignes, & faire en sorte qu'ils soient placés dans le foyer intérieur de l'oculaire, paralleles à l'horison. Ensuite on choisira un objet fort visible plus haut que le niveau, comme le bord de l'horison sensible, ou le sommet d'un arbre, ou une partie remarquable de quelque autre chose élevée, pour servir de signe supérieur: & si en regardant par la lunette on voit ce signe & son image dans l'eau convertes par les deux filets extrêmes, le point d'un objet qui sera couvert par le filet du milieu, aura son apparence dans le plan de niveau; mais il faut que la lunette demeure immobile après avoir été bien placée, afin qu'on puisse faire ce discernement. Il faut aussi qu'on puisse, par le moïen d'une petite machine, ou autrement, approcher ou reculer également les filets extrêmes de celui du milieu, afin que leur distance soit juste, pour couvrir précisément l'objet qu'on prend pour signe supérieur, & son image.

On

On peut toutefois, pour éviter la peine de remuer les filets, juger par l'eſtime, ſi les filets extrêmes ſont également éloignés du bord de l'horiſon & de ſon image; ce qui fera le même à peu près, que s'ils les couvroient préciſément.

Il arrive ſouvent que les objets qui ſont au-deſſous du niveau, ſont fort clairs; ce qui empêche de diſcerner l'image du ſigne ſupérieur. Mais on évitera ce défaut, ſi on baiſſe l'objectif de la lunette le long du talut, juſqu'à ce que la ligne *urx* ſoit preſqu'à fleur de l'eau du niveau; parce qu'alors l'ouverture *gilh* ne recevra point de rayons des objets qui ſeront vers le point D, & au-deſſus, juſques à ceux qui ſeront fort près du point E. On apprendra par l'uſage la façon la plus commode pour ſe bien ſervir des lunettes, & de quelle grandeur elles devront être; mais lorſqu'on les emploïe, il ne faut point ſe ſervir de verre pour empêcher le vent, car il pourroit faire de fauſſes réfractions. TAB. XXIII. Fig. 15.

REGLES QU'IL FAUT OBSERVER POUR LES DIFFERENS LIEUX A NIVELLER.

SI on veut mettre de niveau une allée de jardin ou une longue galerie, il faut placer le niveau au milieu de la longueur ſur quelque ais un peu élevé, & trouver deux points en même niveau aux deux extrémitez, comme il a été enſeigné. Enſuite on prendra la diſtance depuis le point X (qui marque au bout du niveau, en la figure 7e, la hauteur de la ſurface de l'eau) juſques à un piquet au-deſſous, qui ſoit à la hauteur où l'on veut élever l'allée; à laquelle diſtance on en prendra d'égales, depuis les deux points trouvés de niveau juſques à des piquets qu'on plantera au-deſſous. On mettra encore de la même manière d'autres piquets entre-deux, ſi l'allée eſt bien longue; & par le moïen de ces piquets on mettra tout le reſte de niveau. Que ſi c'eſt une table qu'on veuille poſer de niveau, la meilleure façon eſt de verſer de l'eau doucement au milieu, juſques à ce qu'elle paroiſſe couler également de tous côtez; & alors elle ſera de niveau, du moins à fort peu près: car il ſera tout auſſi difficile de la mettre dans un parfait niveau, que de faire tenir une épée debout par ſa pointe ſur une glace de miroir. TAB. XXII. Fig. 7.

Si on veut niveller deçà & delà d'une éminence à la campagne, il faut avoir une pique ou une grande régle, ou deux tuyaux de fer blanc, qui entrent l'un dans l'autre comme ceux des grandes lunettes d'approche, & mettre au haut les ſignes; & après avoir placé le niveau au haut de l'éminence, on fera éloigner celui qui portera les ſignes, plus

ou moins ſelon que la pente ſera roide, juſques à ce qu'on connoiſſe, en obſervant ce qui a eté dit ci-deſſus, que le milieu du ſigne inférieur, lorſqu'il n'y en a que deux, ſoit à la meme hauteur que l'eau du niveau: alors on meſurera la diſtance depuis le point X juſques à une pierre qu'on mettra au-deſſous, & on ira prendre la méme diſtance depuis la pierre où eſt poſée la pique ou le tuyau; & le ſurplus, juſques à la ligne qui ſera tracée au milieu du ſecond ſigne, ſera la différence de niveau de ces deux premières ſtations. On écrira cette différence & celles des autres ſtations, juſques au point réquis à niveller. On fera de méme de l'autre part de l'eminence; & ajoûtant enſemble toutes les différences des ſtations de chaque côté, on connoîtra par la différence des deux ſommes la différence de niveau des deux points. On peut hauſſer & baiſſer l'ais où feront les ſignes, par le moïen d'une petite poulie attachée au haut de la grande régle, ou par quelques autres moïens qu'on trouvera les plus commodes.

Pour mettre de niveau quelque grande ſalle, il faut ſe ſervir de la
TAB. XXII. Fig. 6. figure 6e, collée ſur un petit ais, qu'on élévera ou baiſſera peu à peu, juſques à ce qu'on ait trouvé un point à même hauteur que l'eau du niveau placé au milieu de la ſalle. On trouvera un autre point de même de l'autre part, & on prendra une meſure égale depuis ces deux points juſqu'à 2 pavez qu'on ajuſtera au-deſſous. On placera encore 2 ou 3 autres pavez en d'autres endroits à même hauteur, aprés avoir tourné le niveau vers les autres côtez de la ſalle; ce qui ſuffira pour ajuſter le reſte. On peut meme poſer le milieu du niveau, & l'affermir ſur un genou de bois ou de cuivre, par le moïen duquel on le tournera en rond toûjours à même hauteur; & on prendra par ce moïen tant de points qu'on voudra à même niveau.

Si on veut niveller une pente de montagne très-roide, il faut avoir un canal étroit, & long de 15 ou 16 pieds, & le mettre de niveau par le moïen de l'eau qu'on y verſera, l'appuïant pour le faire tenir horiſontalement. On prendra la hauteur depuis le pied de la montagne juſques à ce canal. Enſuite on poſera le bâton qui ſert à meſurer, à l'endroit de la pente où l'un des bouts du canal étoit poſé; & on poſera le canal plus loin, & plus haut, le mettant encore de niveau, & meſurant de même; & ainſi on ira, comme par degrez, juſques au haut de la montagne, ou juſques à ce que la pente ne ſoit plus ſi roide, & qu'on puiſſe emploïer l'autre niveau. Au lieu de canal, on peut ſe ſervir d'une longue régle, & y appliquer un petit niveau de bois au milieu, ſemblable à ceux dont ſe ſervent les Maçons & les Charpentiers, pour connoître quand elle ſera poſée horiſontalement.

Lorſque par curioſité on veut niveller dans la dernière exactitude poſſible, à une ſeule fois, deux tours, ou deux montagnes, ou choſes ſemblables, éloignées l'une de l'autre d'une ou deux lieuës; il faut qu'il y ait un nivelleur en chaque endroit, & que chacun d'eux ait 2 ou 3.

ou 3 ſignes blancs, de grandeurs & de diſtances ſuffiſantes, qu'on fera couler ſur un fond noir, ſoit de toile peinte, ou de telle autre matiére qu'on trouvera plus commode. Ils choiſiront un tems que le ſoleil ſoit couvert de nuées, & que l'air ne ſoit pas trop froid, ou trop chaud, & qu'il ne ſoit pas trop rempli d'exhalaiſons ondoïantes. Il faut auſſi qu'ils conviennent des ſignes qu'ils ſe feront pour niveller en même tems, & pour ſçavoir quand il faudra hauſſer ou baiſſer les ſignes qui marquent le niveau, leſquels ils verront reſpectivement par le moïen de bonnes lunettes d'approche de 6 ou 7 pieds de longueur: & aprés avoir remarqué à peu prés où chacun d'eux doit poſer ſon niveau, & qu'enſuite ils auront fait hauſſer ou baiſſer leurs ſignes juſques à ce qu'ils ſoient bien placés, ils ſe feront connoître reſpectivement de combien de pieds la ſurface de l'eau de leurs niveaux ſera plus haute ou plus baſſe que la ligne tirée dans le ſigne du milieu qui eſt de leur côté, & ils s'ajuſteront enſuite de maniére qu'ils puiſſent trouver chacun la méme différence; ce qui ſera facile en obſervant les régles ci-deſſus. Comme, ſi l'un ſe trouve 8 pieds plus haut que le niveau de l'autre, & que l'autre ne trouve que 4 pieds, il faudra que ce dernier hauſſe ſon niveau de 2 pieds, ou que l'autre baiſſe le ſien d'autant, & ils trouveront en nivellant de nouveau une méme difference de 6 pieds. Si on pratique bien cette méthode, on pourra s'aſſurer que l'eau des deux niveaux eſt également diſtante du centre de la terre, & que les points qu'on marquera à cette hauteur, ſeront de niveau entr'eux; & on pourra avoir le plaiſir de remarquer à diverſes heures du jour de combien chacun de ces lieux qu'on aura marqués, paroîtra élevé, ou abaiſſé par les différentes réfractions, ou meme s'il n'y aura point de petites différences entre les deux niveaux, lorſque le ſoleil luira, à cauſe que les réfractions ſont alors fort irrégulières, & qu'un méme rayon peut être rompu pluſieurs fois en divers ſens avant que d'arriver à l'œil. Comme, ſi l'objet eſt en A, & l'œil au-deſſus d'une tour en B, & une éminence de terre entre-deux en E où luiſe le ſoleil, le rayon A D ſe pourra rompre en D G, rencontrant un air plus épais en D qu'en A; & s'il rencontre vers le point G un air fort chaud à cauſe des exhalaiſons qui s'élévent au-deſſus de E, il pourra remonter vers F, & derechef deſcendre vers B; & ce rayon F B, étant continué directement vers C, fera paroître l'objet A en C, au lieu que l'œil étant en F le pourroit voir en H par la ligne F G H. Mais il eſt fort vrai-ſemblable, que lorſque le ſoleil ne luit point, & que deux objets ſont en méme hauteur, c'eſt-à-dire, en même niveau, comme A & B en la figure 13e, l'œil en B verra l'objet en A auſſi élevé par la réfraction, comme l'œil en A verra l'objet en B; ce qu'il faudra vérifier par pluſieurs expériences. Les plus aſſûrées ſeront celles qu'on fera par le moïen d'un lac, ou d'un grand étang: car ils ſerviront, lorſque l'eau eſt calme, à prendre deux points éloignés l'un de l'autre de 2000 ou

TAB. XXIII. Fig. 16.

TAB. XXIII. Fig. 13.

Digitized by Google

3000 toiſes, & également diſtans du centre de la terre; & on pourra obſerver ſi quelquefois, lorſque le ſoleil luit, & qu'il fait très-grand chaud, la refraction n'abaiſſe pas l'objet au lieu de l'élever; & ſi lorſque le ciel eſt couvert de nuées, les deux points paroiſſent aux deux nivelleurs en même tems toûjours également elevés.

On peut ſe ſervir d'un autre inſtrument très-exact pour niveller. Il faut avoir un petit vaiſſeau beaucoup plus long que large, qu'on remplira d'eau juſques à une hauteur ſuffiſante; & dans ce vaiſſeau on poſera un petit bateau de fer blanc ou de cuivre, qui ſoit de même longueur & largeur à peu près que le vaiſſeau. Au haut de ce petit bateau, vers les extrémitez, on ajoûtera des verres de lunette, ſans ſe mettre en peine ſi l'axe de la lunette eſt préciſément parallele à la ſurface de l'eau. Enſuite on partagera en deux également la diſtance à niveller; & on placera la petite machine, empêchant que le vent ne faſſe mouvoir le petit bateau; & lorſqu'il ſera arrêté, on remarquera vers un des lieux à niveller, le point où répondra le fil qu'on aura placé au centre du foyer de l'oculaire; puis on tournera le vaiſſeau avec ſon petit bateau flottant, par quelque moïen facile, & on attendra que la lunette ſoit arrêtée preſqu'à la même ſituation que dans la premiére obſervation. On remarquera de même un point vers l'autre lieu; ce qu'on pourra faire encore 2 ou 3 fois en retournant la machine: & ſi l'on voit toûjours les mêmes points de part & d'autre, on ſera très-aſſûré que ces 2 points ſeront également éloignés du centre de la terre, puiſque le bateau demeure toûjours enfoncé de même. Ce niveau n'eſt ſujet à aucune erreur, ſi ce n'eſt que le lieu où il eſt placé, ne ſoit pas également éloigné des deux points à niveller. Mais quand il y auroit 3 ou 4 toiſes de différence, ſur une diſtance de 2000 toiſes, l'erreur ſera peu conſidérable. Comme, ſi en la figure 17e, CA eſt la machine; CB une diſtance de 1000 toiſes; D le point plus haut de 20 pieds que le vrai niveau CB; CE l'autre diſtance de 1004 toiſes: on trouvera par le calcul, que l'erreur ſera moindre que d'un pouce, & dans les autres diſtances à proportion. On n'emploïera cette façon de niveller qu'en des nivellemens bien importans, & en des lieux fermés, comme en de longues galleries, afin qu'il n'y faſſe point de vent: & on fera l'obſervation pendant que le ſoleil eſt couvert de nuées, pour éviter les inégalitez des réfractions; ou, ſi c'eſt à la campagne, on peut ſe couvrir d'une tente, & faire en ſorte que la machine ne ſoit point agitée par le vent.

TAB. XXIII Fig. 17.

On peut auſſi, avec ce niveau, connoître dans une plaine, ſi 2 tours ou 2 montagnes ſont auſſi hautes l'une que l'autre, en élevant le bout de la lunette juſques à ce que le fil qui eſt au centre du foyer de l'oculaire, réponde au ſommet de l'une des tours ou montagnes; & enſuite tournant la machine vers l'autre, on verra facilement ſi elle eſt plus haute, ou plus baſſe: mais il faut avoir trouvé par la Trigonométrie

ou

ou autrement, qu'on eſt également éloigné, ou à peu près, des deux points qu'on nivelle, & tourner deux ou trois fois la machine, pour voir ſi on rencontrera toûjours les mêmes points.

Si on peut ſe mettre au milieu de la diſtance des 2 points à niveller, & qu'on veuille ſe ſervir de ce niveau pour niveller un point éloigné; on trouvera deçà & delà du niveau, en diſtances égales, 2 points qu'on marquera par 2 lignes horiſontales: enſuite on ſe reculera 50 ou 60 pas au-delà de la ligne la plus éloignée du point à niveller, & avec une lunette on cherchera à voir ces 2 lignes comme une ſeule ligne, en hauſſant ou bauſſant la lunette ſelon qu'il ſera néceſſaire; & un point éloigné qui ſera couvert à la vûë par ces 2 lignes, ſera dans un même plan de niveau avec elles, ou du moins y aura ſon apparence.

Lorſqu'on veut ſçavoir la différence de niveau de 2 ſommets de montagnes, ou d'autres objets éloignés l'un de l'autre de 5 ou 6 lieuës, & diſpoſés en ſorte qu'ils bornent l'horiſon ſenſible l'un de l'autre, & que les rayons viſuels qui vont de l'un à l'autre, raſent quelques éminences couvertes de bois, ou qui ſont de difficile accès; ce qui empêche de ſe pouvoir ſervir des niveaux ci-deſſus; il faut avoir en chaque lieu un quart de cercle comme ceux avec leſquels les Aſtronomes prennent les hauteurs des aſtres par le moïen des lunettes d'approche qui ſervent de pinules; & apres les avoir rectifiés comme il ſera enſeigné ci-après, on prendra reſpectivement la différence de hauteur apparente de ces objets à l'égard de la tangente horiſontale, ſoit qu'ils ſoient vûs au-deſſus, ou au-deſſous de cette tangente; & après qu'on aura ſçû au plus près qu'on pourra, la diſtance de ces 2 objets, par la Trigonométrie, ou autrement, on calculera cette différence de hauteur par la Trigonométrie. Comme, ſi l'un de ces objets paroiſſoit élevé par deſſus le plan horiſontal de l'autre de 12 minutes, & que leur diſtance fût de 12000 toiſes; on cherchera par les tables des ſinus, le ſinus de 12 minutes, qu'on trouvera être 349, le rayon entier étant 100000; & aux trois nombres 100000, 12000, & 349, on trouvera le 4e. proportionel 41 $\frac{28}{100}$ toiſes, qui ſera l'élévation de cet objet au-deſſus de la tangente. On fera de même pour l'autre objet; & par le calcul enſeigné ci-deſſus on connoîtra la vraie différence de niveau des 2 objets entre eux comme: ſi l'autre étoit trouvé plus bas de 30 toiſes que la tangente horiſontale, on prendra la moitié de 71 $\frac{28}{100}$ toiſes, ſomme des deux différences; & cette moitié, ſçavoir 35 $\frac{64}{100}$ toiſes, ſera la vraie différence de niveau des 2 objets, du moins à peu près, ſi on ſçait bien prendre les hauteurs: car ſi on eſt très-exact, & que le quart de cercle ſoit bien diviſé & rectifié, l'erreur ſera peu conſidérable; mais on ne pourra jamais être aſſûré que ce nivellement ſoit dans une parfaite juſteſſe.

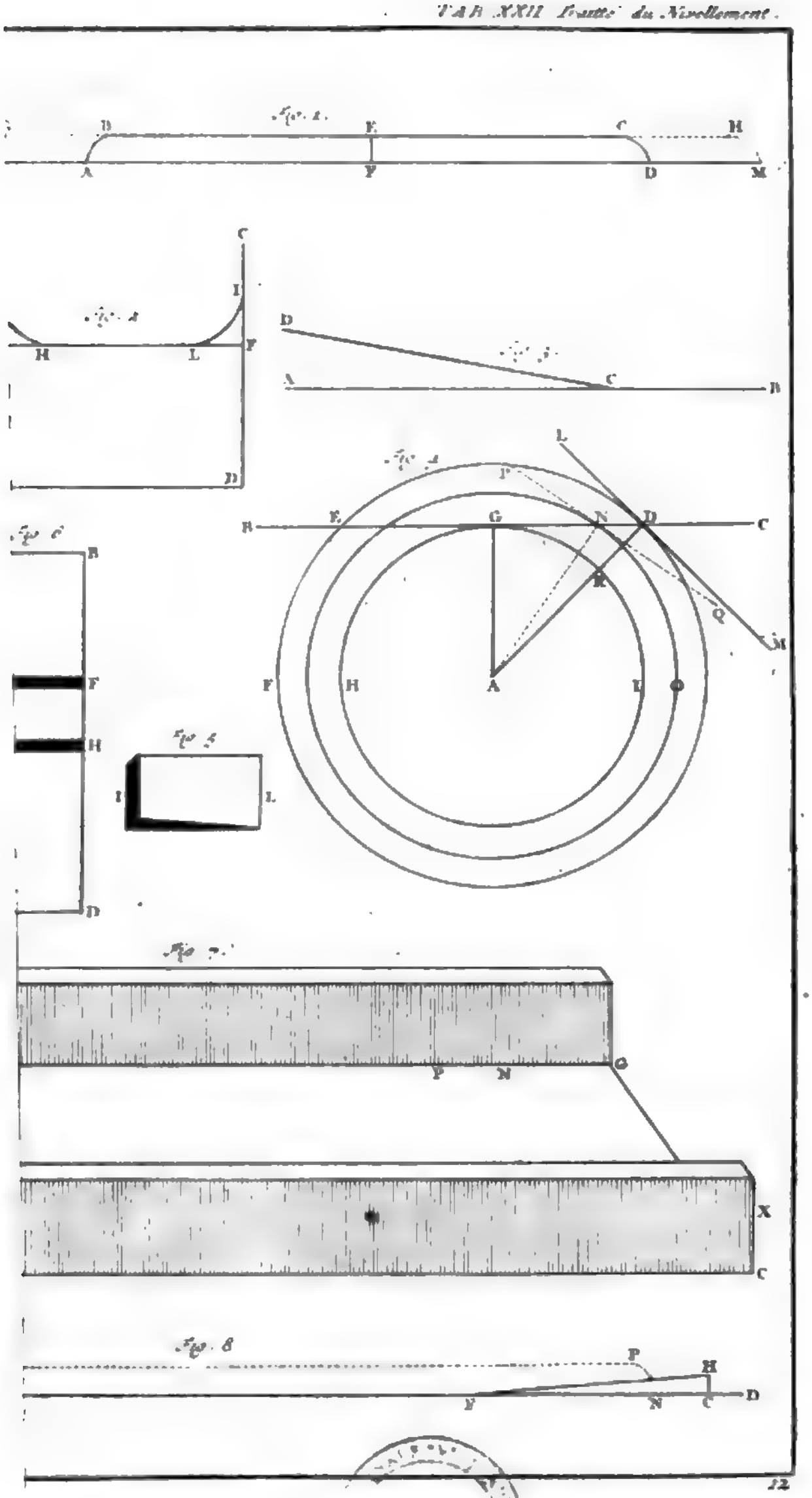
Pour bien rectifier un quart de cercle à lunettes, on fera ce qui s'enſuit: La diviſion des degrez & minutes, &c. étant bien faite, on fe-

ra battre le fil du pendule ſur le commencement de la diviſion le plus exactement qu'on pourra. Enſuite on arrêtera l'objectif de la lunette à l'extrémité d'un des côtez du quart de cercle vers l'angle droit, & on placera auprès du quart de cercle un niveau comme celui qui eſt décrit en la 7e. figure, de manière que la ſurface de l'eau ſoit auſſi haute que le centre de l'objectif ſur le quart de cercle. Et après avoir nivelé très-exactement une ligne noire à une diſtance de 40 ou 50 toiſes ou plus, ſi l'on veut, par le moïen d'une lunette, comme il a été enſeigné ci-deſſus; on ajuſtera l'oculaire de la lunette du quart de cercle, ſans remuer le quart de cercle, en ſorte que le filet qui ſera placé au centre de ſon foyer intérieur, couvre preciſément cette ligne noire à la vûë; & alors on ſera aſſuré, ſi les verres ſont bien arrêtés en cette ſituation, que l'axe de la lunette ſera placé horiſontalement, & que le quart de cercle ſera bien rectifié, & propre à prendre exactement des hauteurs. Mais, parce qu'en tranſportant ces quarts de cercle, qui ſont fort peſans, on peut craindre qu'ils ne ſe ſoient fauſſés, ou que les verres n'aient changé de ſituation; on les pourra rectifier de nouveau, lorſqu'on les voudra emploïer dans le nivellement. Si en ces nouvelles rectifications on ne veut pas changer la ſituation des verres de la lunette, on peut mettre le niveau ſelon ſa longueur au-devant de l'objectif, & l'élever en ſorte que la ſurface de l'eau ſoit à même hauteur que l'axe de la lunette. Apres on choiſira un objet éloigné fort viſible, & qui ſoit un peu plus haut que le niveau de l'eau, & on tournera le quart de cercle juſqu'à ce que regardant par la lunette, on voïe l'image de quelque point de l'objet couvert par le fil qui eſt au foyer de l'oculaire; & après avoir remarqué le point où bat le fil du pendule étant arrêté, on hauſſera un peu le devant de la lunette, en tournant le quart de cercle juſqu'à ce qu'on voïe directement l'objet, & que le meme fil en couvre le même point; & après avoir laiſſé arrêter le fil du pendule, & remarqué le point de la graduation, le point qui ſera également entre ces derniers points & le premier, ſera celui où doit battre le pendule, lorſque l'axe de la lunette eſt parallele à l'horiſon: & ſi ce n'eſt pas le premier point de la diviſion du quart de cercle, il faudra en remarquer la différence en minutes & ſecondes, afin qu'on y ait égard en prenant les hauteurs des aſtres ou des autres objets dont on veut ſçavoir l'élévation. Pour empêcher que le vent ne nuiſe au pendule, on le couvre d'un demi tuyau de fer blanc en toute ſa longueur, horſmis vers l'endroit qui couvre la graduation, où l'on applique une glace de verre fort tranſparente, & qui ne fait point de fauſſes réfractions. On peut même faire tremper le plomb du pendule dans un petit vaiſſeau plein d'eau, afin d'arreter plûtôt ſes battemens. Par ces moïens, & par les autres qui ont été enſeignés ci-deſſus, on pourra trouver le niveau de tous les lieux acceſſibles ou inacceſſibles, pourvû qu'ils ne ſoient pas éloignés de plus de 5 ou 6 lieuës.

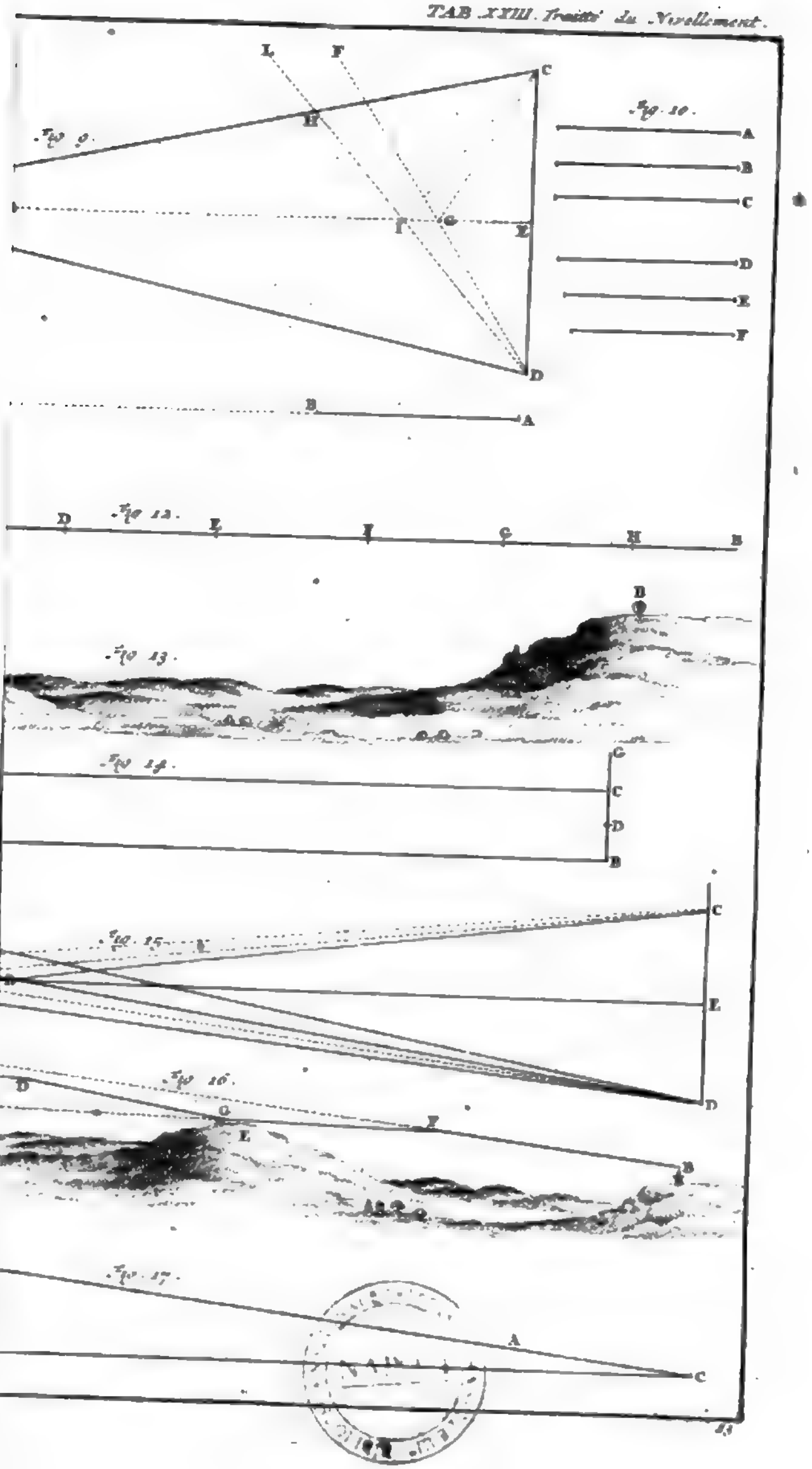
TAB. XXII. Fig. 7.

FIN. TRAI-

PAR. XXII. Traité du Nivellement.



TAB. XXIII. Traité du Nivellement.



TRAITÉ
DU
MOUVEMENT
DES
PENDULES,

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Académie Roïale des Sciences;

Imprimé pour la première fois sur le Manuscrit original de l'Auteur.

LETTRE
DE
MONSIEUR MARIOTTE,
Ecrite de Dijon le 1. *Février* 1668,
à
MONSIEUR HUYGENS,
Touchant le Traité qui suit.

J'Ai cru que vous aggréeriez que je vous fisse part de quelques démonstrations que j'ai trouvées sur le Mouvement des Pendules & des choses pesantes qui tombent vers le Centre. J'avois fait autrefois quelques petits Ecrits pour rendre raison pourquoi les cordes de Lut imprimoient leur mouvement dans celles qui leur sont en unisson & en octave, lesquels je lus dans l'Assemblée. Mais vous m'avertites que Galilée *avoit dit la même chose; ce qui m'a donné la curiosité de le lire depuis quelque tems; & j'ai trouvé en effet que ses pensées étoient tellement conformes aux miennes sur ce sujet, que vous pouviez croire avec beaucoup de raison que j'avois emprunté de lui ce que j'en avois écrit. Mais, pour ce qui est du Mouvement des Pendules & des choses pesantes, quoique mes Propositions soient les mêmes que les siennes, il y a pourtant une différence toute entière entre les façons de démontrer & l'ordre & suite des Propositions, comme vous le pourrez juger facilement, s'il vous plait de lire l'Ecrit ci-joint. Car vous verrez, que dans ma première Proposition je donne, ou crois donner, la vraie cause de l'accélération du mouvement, au lieu que* Galilée *se contente de la supposer & d'en faire une définition; que dans ma* 5e. *je prouve ce qu'il prend pour Principe, & qu'il demande lui être accordé au commencement de son Traité; & que dans ma* 8e.

je

je donne la proportion du tems par le côté du quarré, avec le tems par les 2 côtez de l'octogone, & par celui des 3 côtez du dodécagone; ce qu'il n'a pas fait. Je fais une abſtraction, auſſi-bien que lui, de la réſiſtance de l'air: car en la ſuppoſant je me ſuis encore rencontré dans ſes mêmes ſentimens auparavant que de l'avoir lu, & je crois que les poids qui tombent, augmentent leur viteſſe juſques à un certain point, paſſé lequel elles vont d'un mouvement égal; & voici comme je détermine ou commence cette égalité. Je ſuppoſe qu'un vent ſoufflant de bas en haut puiſſe ſoutenir une boule de liége en l'air: alors, ſi le vent ceſſe, cette boule tombant augmentera ſa viteſſe juſques à ce qu'elle ſoit égale à celle du vent qui la ſoûtenoit, & enſuite elle continuera ſa deſcente avec une viteſſe uniforme, puiſque la réſiſtance de l'air lui ôtera préciſément ſa puiſſance naturelle de deſcendre, & il ne lui reſtera que la puiſſance acquiſe. Je n'ai pas fait mes démonſtrations bien exactes, ni dans toute leur étenduë; parce que je ſçai que vous les ſuppléerez facilement, & que j'aurois été trop long. C'eſt par cette même conſidération que je ne montre pas la façon dont j'ai calculé les nombres énoncés en ma 8e. Propoſition, & que la Concluſion eſt ſans démonſtration. Et parce que je crains que cette lettre ne ſoit auſſi trop longue, & qu'elle ne vous ſoit ennüieuſe; je la finis en vous aſſurant de mes très-humbles reſpects, & que je ſuis &c.

DU MOUVEMENT DES PENDULES.

PREMIER PRINCIPE NATUREL.

UN même poids fait le commencement de ſa deſcente avec une même viteſſe en quelque lieu acceſſible de l'air qu'on le laiſſe tomber.

Ce Principe ſe prouve par expérience, & doit être admis comme on admet dans les Méchaniques, que les cordes des balances ſont paralleles à cauſe de la grande diſtance de la ſurface de la terre à ſon centre, quelle que ſoit la cauſe du mouvement vers le centre.

SECOND PRINCIPE NATUREL.

SI un corps eſt porté d'une viteſſe uniforme par un petit eſpace, par quelque cauſe que ce ſoit; cette cauſe ceſſant, il continuera ſon mouvement de même part avec la même viteſſe par un eſpace égal au premier, s'il n'eſt point empêché par une autre cauſe.

Ce principe eſt accordé par *Deſcartes* & *Galilée*; & il eſt facile de le prouver par expérience. Nous appellerons cette puiſſance par laquelle le corps continue ſon mouvement, acquiſe.

I. PROPOSITION.

IL eſt impoſſible, qu'un poids qu'on laiſſe tomber, continue ſa deſcente avec une viteſſe uniforme; mais il acquiert, à chaque moment égal de tems, un nouveau degré égal de viteſſe.

TAB. XXIV. Fig. 1. Soit A B une ligne perpendiculaire à un plan horiſontal, diviſée en pluſieurs petites parties égales aux points C, D, E, F, G, H, I, V; & qu'aiant laiſſé tomber un poids du point de repos A, il deſcende d'une viteſſe uniforme, s'il ſe peut, juſques au point C, par ſa puiſſance naturelle de deſcendre vers le centre de la terre, en un certain tems que nous appellerons un moment. Donc, par le 2e. principe naturel, il continuera ſa deſcente avec la même viteſſe par l'eſpace C D, & dans le ſecond moment de tems égal au premier il arriveroit au point D par ſa puiſſance acquiſe, encore que la puiſſance naturelle de deſcendre l'eût abandonné au point C. Mais, parce qu'il la conſerve toûjours égale en quelque lieu qu'il ſoit de la ligne A B, par le premier principe; dans ce ſecond moment de tems il parcourra par cette puiſſance un autre petit eſpace égal à A C. Donc par ces deux puiſſances enſemble il paſſera les

les deux petits eſpaces CD, DE, au ſecond moment. Et par les mêmes raiſons, dans le troiſième moment il ira de E en G par la puiſſance acquiſe, puiſqu'au moment précédent il eſt deſcendu de C en E; & par la puiſſance naturelle qui ne le quitte point, il deſcendra encore en ce moment un eſpace égal à AC, par le premier principe. Donc dans ce troiſième moment il parviendra au point H, & ainſi de ſuite; c'eſt-à-dire, que ſi au premier moment il paſſe l'eſpace AC, au ſecond il paſſera le double de AC, au troiſième le triple, au quatrième le quadruple, &c. Donc ſa viteſſe augmentera à proportion des tems de ſa deſcente: & ſi on entend que la ligne AB ſoit diviſée en de plus petites parties à l'infini, & le tems auſſi à l'infini; cette accélération de mouvement ſera enfin uniforme, & la viteſſe augmentera à proportion des tems; ce qui étoit à prouver.

II. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 2.

Soit AB une perpendiculaire, qu'un poids ait paſſée dans un certain tems tombant du point de repos A; & que ce poids, étant arrivé au point B, change de direction & remonte vers le point A, commençant ſon mouvement de bas en haut ſelon la viteſſe acquiſe au point B: je dis qu'il remontera juſques au point A, & que le tems de ſa montée ſera égal à celui de ſa deſcente.

Car, ſoit ſuppoſé le tems de ſa deſcente etre diviſé en 10 momens égaux, & la ligne AB en 55 parties égales entre elles, & que le poids paſſe la première au premier moment par une viteſſe uniforme. Donc, par ce qui a été dit en la précédente, au dixième moment il paſſera en deſcendant 10 de ces petites parties. Mais en remontant au onzième moment avec la même viteſſe il paſſera auſſi 10 de ces petites parties par la puiſſance acquiſe, par le 2e. principe; & par la puiſſance naturelle, il en deſcendroit une dans ce même onzième moment qui ſera le premier de la montée. Donc par les 2 puiſſances enſemble le poids ne remontera que 9 parties; c'eſt-à-dire, que ſi B *g* eſt égale à 10 de ces parties, & *g* H à une, le poids ne montera en ce premier moment que juſques au point H; & dans le ſecond moment devant parcourir 9 de ces parties par la puiſſance acquiſe; il n'en parcourra que 8, à cauſe que la puiſſance naturelle de deſcendre lui en ôtera une en ce ſecond moment, & ainſi des autres eſpaces. Donc la progreſſion des eſpaces ou petites parties égales de ſa montée au 1er, 2e, 3e, 4e. moment, &c. ſera 9, 8, 7, 6, 5, &c. & au lieu d'en paſſer 2 au neuvième moment, il n'en paſſera qu'une; & enfin devant monter une de ces petites parties au dixième moment par la puiſſance acquiſe, & en deſcendre une par la puiſſance naturelle dans le même dixième moment, ces deux puiſſances s'effaceront préciſément l'une l'autre, & le dernier terme de la montée ſera au neuvième moment. Donc le tems de la montée du poids étant de 9 momens, & celui de ſa deſcente de 10, la différence ſera $\frac{1}{10}$. Et la deſcente étant de 55 parties telles que B *g* en

Digitized by Google

eſt 10, la montée ne ſera que de 45, c'eſt-à-dire, environ $\frac{1}{11}$ moins que la deſcente. Mais ſi le tems eſt ſuppoſé diviſé en 100 momens & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids au premier moment paſſe par une viteſſe uniforme une de ces parties en deſcendant, il parcourra les 5050 parties dans les 100 momens. Mais, par ce que nous venons de dire, le tems de la montée défaudra d'un de ces 100 momens, & l'eſpace défaudra de 100 de ces petites parties, c'eſt-à-dire, environ $\frac{1}{101}$ de toute la ligne AB. Que ſi cette diviſion de tems & d'eſpace eſt continuée à l'infini, ces défauts diminueront toûjours, & enfin la différence des tems ſera moindre qu'aucun moment de tems donné, & celle des eſpaces moindre qu'aucune grandeur donnée, c'eſt-à-dire, comme rien. Donc le poids remontera juſques au point où il a commencé ſa deſcente &c. ce qui étoit à prouver.

Il s'enſuit de cette propoſition, que ſi on jette en l'air perpendiculairement un poids, comme une balle de plomb, le tems de ſa montée depuis le point où il quitte la main juſques au point de repos, & celui de ſa deſcente juſques au point où il a quitté la main, ſeront égaux, & que la viteſſe de la balle diminuera uniformément en montant juſques à ſon repos à proportion des tems de la montée.

III. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 3. *SOit* AB *une ligne perpendiculaire, qu'un poids ait paſſée en deſcendant du point de repos* A, *comme il a été démontré dans les propoſitions précédentes; & qu'au même tems quelque autre mobile parcoure la ligne* CD *égale à* AB, *par une viteſſe uniforme: je dis que cette viteſſe ſera à la moitié de la viteſſe acquiſe par le poids au point* B.

Car ſoit ſuppoſé le tems de la deſcente par AB être diviſé en 100 momens égaux, & la ligne AB en 5050 parties égales, & que le poids paſſe la première au premier moment par un mouvement uniforme: par ce qui a été dit en la 1e. propoſition le poids parcourra au cinquantième moment 50 de ces parties, & 100 au centième; & l'agrégé de toutes ces parties ſera 5050, nombre égal à 50 avec le produit de 50 par 100. Mais, ſi pendant chacun de ces momens l'autre mobile parcourt en la ligne CD 50 de ces parties par une viteſſe uniforme, cette viteſſe ſera égale à la moitié de la viteſſe acquiſe par le mouvement accéléré au point B de la ligne AB, puiſqu'au dernier moment de la deſcente le poids a parcouru 100 de ces parties; & l'agrégé des parties parcourues dans les 100 momens par cette viteſſe uniforme ſera égal au même produit de 100 par 50, c'eſt-à-dire, 5000; & la différence des eſpaces paſſés par ces deux mobiles en même tems ſera 50, qui eſt $\frac{1}{100}$ de tout l'eſpace paſſé par le mouvement uniforme. Mais, ſi le tems eſt ſuppoſé être diviſé en 100 momens, & la ligne AB en 500500 petites parties égales &c. on montrera, par les mêmes raiſons, que les eſpaces parcourus par le mouvement accéléré & par l'uniforme ſeront différens de $\frac{1}{1000}$. Et ſi on diviſe le tems & la ligne

AB

AB en de plus petites parties, cette différence diminuera toûjours. Donc ſi elles ſont diviſées à l'infini, cette différence ſera enfin comme rien; & les deux mobiles, dont l'un deſcend par un mouvement accéléré juſques au point B, & l'autre ſe meut par une viteſſe uniforme égale à la moitié de celle acquiſe au point B, paſſeront en tems égaux les 2 lignes égales, AB, CD. Donc &c. ce qui étoit à prouver.

IV. PROPOSITION.

SI un poids paſſe en deſcendant des eſpaces inégaux en divers tems, les eſpaces paſſés ſeront l'un à l'autre en raiſon doublée des tems de leur deſcente.

Soit la ligne AB, dont la partie AC ſoit paſſée par un poids deſcendant du point de repos A dans le tems DE, & toute la ligne AB dans le tems DF: je dis que comme le quarré de DE eſt au quarré de DF, ainſi l'eſpace AC eſt à l'eſpace AB. Car, ſoit ſuppoſé, comme dans les propoſitions précédentes, le tems DE être diviſé en 10 momens égaux, & l'eſpace AC en 55 parties égales, dont le poids en paſſe une avec une viteſſe uniforme au premier moment: donc, par la 1e. propoſition, il en paſſera 10 au dixième. Et ſi DF eſt double de DE, le tems DF ſera compoſé de 20 de ces momens, & au vingtième moment il parcourra 20 petites parties égales à celles de AC: donc l'agrégé de toutes les parties paſſées dans le tems DF ſera égal au produit de 10 par 20 avec 10, & celui des parties paſſées dans le tems DE ſera égal à 5 avec le produit de 5 par 10. Or, ces produits ſont nombres ſemblables: donc ils ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de leurs côtez homologues, ſçavoir 10 & 20, ou DE, DF. Mais, d'autant que le nombre 10 ajoûté au premier produit n'eſt pas au nombre 5 ajoûté au dernier en raiſon doublée de 10 à 20, mais en la ſimple raiſon de DE à DF, l'agrégé des parties paſſées dans le tems DE ſera moindre que le quadruple des parties de AC, & la différence ſera 10, ſçavoir $\frac{1}{11}$ de toute la ligne paſſée dans le tems DF. Mais, ſi on ſuppoſe les tems & les eſpaces être diviſés à l'infini, la proportion de cette différence diminuera toûjours, comme il a été montré ci-deſſus; & enfin ſera comme rien: donc AB paſſé dans le tems DF ſera quadruple de AC, lorſque l'accélération du mouvement ſera uniforme. On fera la même preuve, ſi DF eſt ſuppoſé triple ou quadruple de DE, ou en quelque autre raiſon. Donc &c. ce qui étoit à prouver. TAB. XXIV. Fig. 4. 5.

Il s'enſuit, ſi on prend A *g* moïenne proportionelle entre AC, AB, que comme AC à A *g*, ainſi le tems par AC au tems par AB.

V. PROPOSITION.

SOit BC *une ligne horiſontale,* CA *perpendiculaire à* BC, *&* AB *inclinée : je dis que ſi on laiſſe tomber un même poids du point* A, *le tems de ſa deſcente par* AB *ſera au tems de ſa deſcente par* AC *comme* AB *eſt à* AC. TAB. XXIV. Fig. 6.

Car, d'autant que la peſanteur totale du poids eſt à ſa peſanteur ſur

Digitized by Google

la ligne inclinée A B comme A C à A B, & que la peſanteur n'eſt autre choſe qu'une puiſſance de deſcendre ſelon une certaine viteſſe : il s'enſuit que ſi on entend que le poids deſcende avec une viteſſe uniforme un très-petit eſpace comme A E en la ligne A B pendant un certain moment de tems, & que dans le même moment un autre poids égal parcoure d'une viteſſe uniforme l'eſpace A F dans la ligne A B ; il s'enſuit, dis-je, que comme le poids en A B eſt à ſon poids total par A C, ainſi A F ſera à A E. Si donc on entend A C être diviſée en pluſieurs parties égales à A E, & qu'il y ait en A B un égal nombre de parties dont chacune ſoit égale à A F, & que l'agrégé de ces parties ſoit A D ; A D ſera à A C comme A F à A E, c'eſt-à-dire, comme le poids en A B à ſon poids total, ou comme A C à A B ; &, par ce qui a été dit dans les précédentes, le tems par A D ſera égal au tems par A C, puiſqu'en autant de momens infiniment petits que l'eſpace A C ſera parcouru, A D le ſera auſſi. Mais, par la 4e. propoſition ou ſa ſuite, comme A B à A C moïenne proportionelle entre A B & A D, ainſi le tems par A B au tems par A D ; & le tems par A D eſt égal au tems par A C, comme A B à A C. Je dis encore, que la viteſſe acquiſe au point B eſt égale à la viteſſe acquiſe au point C : car, par la 1e. propoſition, comme le tems par A D au tems par A B, c'eſt-à-dire, comme A D à A C, ainſi la viteſſe en D à la viteſſe en B. Mais auſſi, comme nous venons de montrer, la viteſſe en D eſt à la viteſſe en C comme A D à A C, ou A F à A E ; car la viteſſe en C eſt autant multiple de celle en E comme celle en D de celle en F : donc la viteſſe en D a même raiſon aux viteſſes en C & en B : donc ces dernières ſont égales ; ce qu'il faloit prouver.

VI. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 7. *Soit* A B D *un demi cercle ;* B D, C D *deux inſcrites ; & ſoit* A D *le diamétre perpendiculaire à la tangente horiſontale* A E : *je dis que des poids égaux, deſcendans de* B *en* D *&* de C *en* D, *auront les tems de leur deſcente égaux.*

Car ſoient tirées les lignes A B & D B E : donc les triangles E D A, A D B, ſeront équiangles ; & par conſéquent comme E D à D A, ainſi D A & D B : donc, par la ſuite de la 4e. propoſition, comme E D à A D, ainſi le tems par E D au tems B D du repos en B. Mais, par la précédente, comme E D à D A, ainſi le tems par E D au tems par A D : donc le tems par E D a même raiſon au tems par B D & au tems par A D : donc ces deux derniers tems ſeront egaux. On prouvera de même que le tems par C D eſt égal au tems par A D : donc les tems par B D & par C D ſeront égaux ; ce qui étoit à prouver.

VII. PROPOSITION.

TAB. XXIV. Fig. 8 *Soit* A B *perpendiculaire à l'horiſon ;* A C, B D, *perpendiculaires à* A B ; *&* A E *le quart de la ligne ; & ſoit* F E D *quelconque ligne entre les deux paralleles* A C, B D : *je dis que le tems par* F E, E B, *ſera égal au tems par* A E, E D ;

ED: *mais ſi* AE *eſt moindre que le quart de* AB, *le tems par* AE, ED, *ſera plus grand que par* FE, EB: *mais ſi* AE *eſt plus que le quart, le tems par* FE, EB, *ſera le plus grand.*

Car, étant priſes Fg & AH moïennes proportionelles entre FE, FD, & AE, AB; le tems par EB du repos en A ou en F ſera EH par la 4e. & 5e. propoſitions, & celui par ED ſera Eg. Or au premier cas, AE ſera égale à EH, & FE à Eg: donc FE, EH, tems par FED, ſera égal à AEg tems par AED. Au ſecond cas, gE ſera plus grande que EF, & HE que EA; & à cauſe de la ſimilitude des triangles AFE & EBD, gE ſera à EF comme HE à EA: donc gE, EA, enſemble la plus grande & la plus petite, ſeront plus grandes que HE, EF enſemble: donc le tems par AED ſera plus grand que par FEB. Et au troiſième cas, par de ſemblables raiſons FE & EH ſeront enſemble plus grands que AE & Eg; & par conſéquent le tems par FE, EB, ſera le plus grand; ce qui étoit à prouver.

On prouvera le même ſi les deux lignes AFB, FED, ſont toutes deux inclinées: & l'on peut conclure par ce qui eſt dit au troiſième cas, qu'un poids commençant ſa deſcente par une ligne perpendiculaire ou peu inclinée, & la finiſſant par une beaucoup inclinée, fait le tems plus court que s'il commençoit & finiſſoit au contraire, ſi la perpendiculaire & l'inclinée ſont égales, & meme quand la perpendiculaire & l'inclinée ſeroient un peu plus grandes que l'inclinée & la perpendiculaire.

VIII. PROPOSITION.

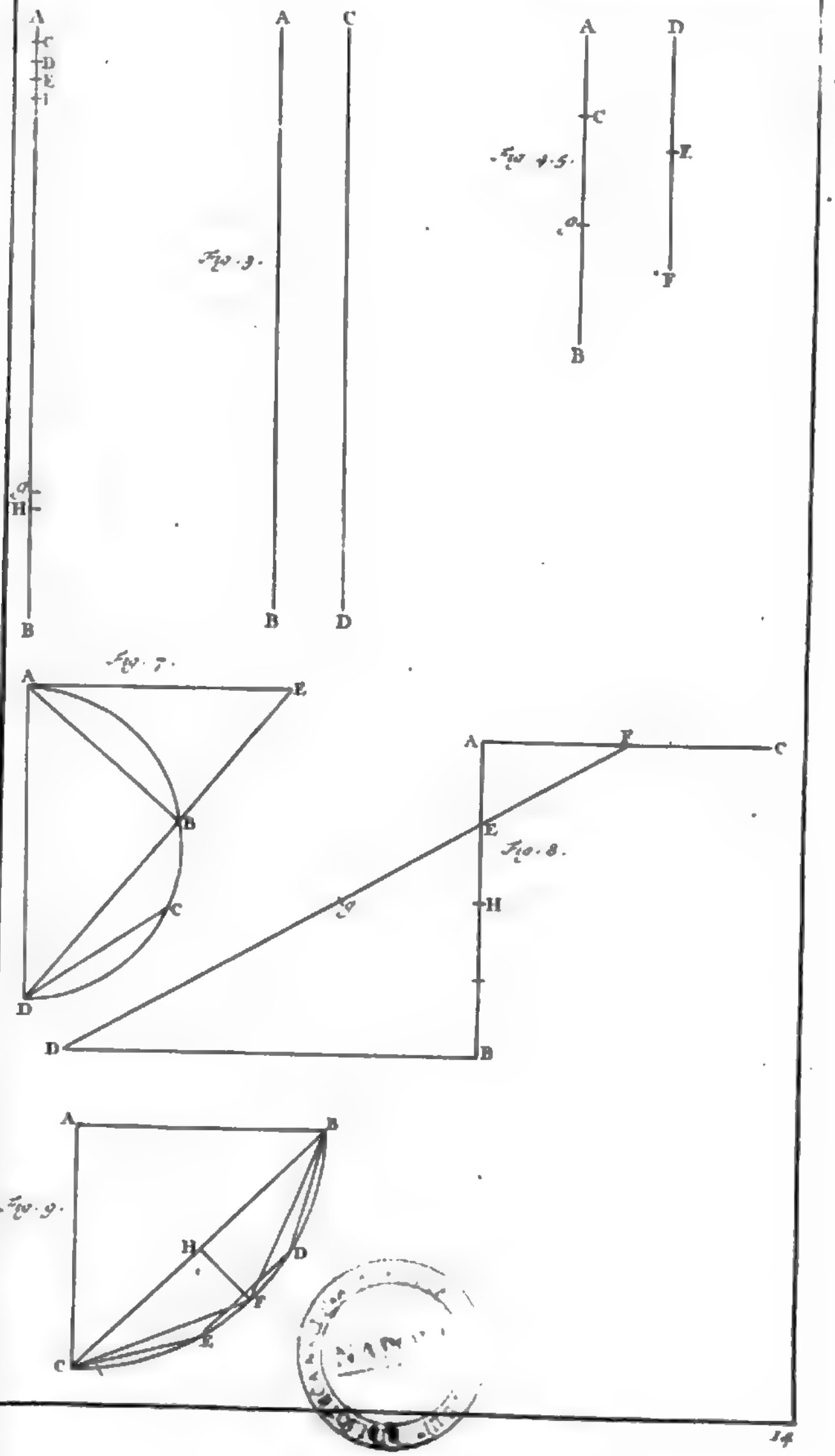
TAB. XXIV. Fig. 9.

SOit ABC *un quart de cercle dont le centre ſoit* A, & AC *perpendiculaire à l'horiſon*; BC *côté du quarré inſcrit dans le cercle*; BD, DE, EC, *trois côtez du dodécagone*; & BF, FC, *deux côtez de l'octogone: je dis que le tems par* BF, FC, *de ſuite, ſera plus court que par* BC.

Car, étant tirée FH perpendiculaire à BC, BH moitié de BC eſt plus inclinée que BF; mais HC eſt moins inclinée que FC, & les deux BF, FC ne ſont à BC que comme 27 à 25 à peu près. Donc, par ce qui a été dit à la fin de la précédente, le tems par BFC ſera vrai-ſemblablement plus court que par BC; & par les memes raiſons le tems par les trois côtez BD, DE, EC, ſera encore plus court; & ſi on réduit en nombres ces tems, on trouvera que ſi le tems par BC eſt 100000, celui par BFC ſera 93758, & celui par BDEC 93072 à peu près. D'où l'on peut conclure, que le tems par quatre ſoûtendantes de ſuite ſera encore plus court; & enfin que par la circonférence BC il ſera le plus court de tous, & pourroit être au tems par BC comme 93 à 100, ou 13 à 14 à peu près.

CONCLUSION.

DAns toutes les propoſitions précédentes on fait abſtraction de la réſiſtance de l'air: mais étant ſuppoſée, comme elle le doit être pour rendre raiſon de ce qui nous paroît dans le mouvement des pendules, vo ici


A
C
D
E
I
H
B
Fig. 3.
A
C
B
D
Fig. 4.
A
D
C
E
O
F
B
Fig. 5.
A
E
B
C
D
Fig. 6.
A
F
C
E
H
D
B
Fig. 7.
A
B
C
D
Fig. 8.
A
B
H
D
F
E
C
Fig. 9.

EXPÉRIENCES
TOUCHANT LES
COULEURS
ET LA
CONGÉLATION DE L'EAU.

Par Mr. MARIOTTE,

De l'Académie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition revûe & corrigée.

Digitized by Google

EXPÉRIENCES
TOUCHANT LES
COULEURS
ET LA
CONGÉLATION DE L'EAU.

EXPÉRIENCE TOUCHANT LES COULEURS.

LOrſqu'on verſe deux ou trois goutes d'huile de tartre dans un demi verre de très-beau vin rouge, il perd ſa couleur rouge, devient opaque & jaunâtre comme le vin pouſſé & corrompu; mais ſi on verſe enſuite deux ou trois goutes d'eſprit de ſoufre qui eſt un fort acide, ce même vin reprend entièrement ſa belle couleur rouge; d'où l'on voit la raiſon pourquoi on fait brûler du ſoufre dans les tonneaux pour mieux conſerver le vin, & que ce n'eſt pas la partie inflammable du ſoufre qui fait cet effet, mais ſon eſprit acide, qui entre dans le bois du tonneau.

EXPÉRIENCES DE LA CONGÉLATION DE L'EAU.

I. EXPÉRIENCE.

J'Ai mis de l'eau commune dans un vaiſſeau de cuivre qui avoit environ huit pouces de largeur & ſix de hauteur, & l'aiant expoſée à l'air pendant une forte gelée, quelque tems après je me ſuis apperçû qu'il commençoit à s'y former de longs filets de glace, dont les uns pénétroient l'eau de haut en bas, les autres étoient couchés de travers, quelques-uns étoient attachés au fond & aux côtez du vaiſſeau, & d'autres ſe croiſoient en divers endroits. Enſuite j'ai vû ces filets s'élargir en lames très-déliées; & aiant doucement verſé l'eau par inclination pour mieux voir les lames de glace qui s'étoient formées au fond, j'ai trouvé qu'elles avoient toutes environ trois lignes de largeur, & qu'elles étoient ſéparées les unes des autres par des intervalles égaux, dont la largeur étoit auſſi d'environ trois lignes.

II. EXPÉRIENCE.

LE méme vaiſſeau aiant été rempli de nouvelle eau froide & expoſée à la gelée, il s'y forma d'abord des filets & des lames de glace comme devant; & enſuite les lames de glace qui etoient au fond, s'élargirent peu à peu, & compoſérent une glace continue qui couvroit tout le fond du vaiſſeau. Les lames de glace qui étoient au-deſſus de l'eau, ſe joignirent auſſi enſemble; mais il y avoit vers le milieu de la ſurface de l'eau un petit endroit qui ne geloit point, & la glace avoit déja plus d'un pouce d'épaiſſeur que ce petit endroit n'étoit pas encore pris. L'eau ſortoit peu à peu par ce trou, & ſe glaçoit à l'entour à meſure qu'elle ſe repandoit; de ſorte que le trou ſe retréciſſoit toûjours, & il ſe fit tout autour une éminence de glace d'environ un pouce de hauteur qui formoit un petit canal. Enfin le trou s'etant entierement bouché, la glace à quelque tems de-là ſe fendit avec bruit, avant que toute l'eau qui étoit au milieu, fût glaçée.

III. EXPÉRIENCE.

POur connoître ce qui faiſoit ſortir l'eau par ce petit canal, & ce qui avoit fait rompre la glace, je pris un grand verre de figure conique, & l'aiant empli d'eau juſques à trois ou quatre lignes près du bord, je con-

Digitized by Google

conſidérai ſoigneuſement le progrès de la congélation. Après qu'il ſe fut formé de petits filets, & puis de petites lames de glace, dont quelques-unes étoient découpées comme des feuilles de perſil, & d'autres dentelées comme une ſcie; pluſieurs petites bulles d'air commencérent à paroître au fond & aux côtez du verre, & groſſirent peu à peu. Quelques-unes de ces bulles demeuroient engagées dans la glace, d'autres ſe détachoient & montoient juſqu'en haut. Plus l'eau geloit, plus il ſe formoit des bulles. Cependant l'eau ſortoit toûjours par le petit canal; & comme elle geloit auſſi-tôt qu'elle s'étoit repandue, la glace devint enfin ſi haute à l'entour du petit canal, que d'un côté elle ſurpaſſoit les bords du verre, de maniére que l'eau couloit par deſſus. Alors je fis un autre petite ouverture avec une épingle à l'autre côté où la glace étoit moins épaiſſe, & auſſi-tôt l'eau prit ſon chemin par-là. Cette ouverture aiant été renouvellée de tems en tems, le premier trou par-où l'eau ne ſortoit plus, ſe ferma entiérement. Enſuite la glace boucha auſſi la ſeconde ouverture que l'on avoit ceſſé de renouveller; & cependant il y avoit toûjours des bulles qui ſe formoient dans l'eau qui n'étoit pas encore gelée, & s'élevoient juſqu'au haut de cette eau. Quelque tems après que le ſecond trou fut bouché, j'entendis la glace craquer, & je trouvai qu'elle s'étoit fenduë par le haut en deux endroits; que vers les deux tiers de la hauteur du verre la glace de deſſus s'étoit entierement ſéparée de celle de deſſous par un eſpace d'environ deux lignes; & que dans le milieu de la glace il y avoit un peu d'eau qui n'étoit pas encore gelée. Je remarquai auſſi que dans toute cette glace il y avoit une infinité de petites bulles qui ſe terminoient en pointe, & qui s'alongoient preſque toutes vers le milieu du verre; & qu'à l'endroit où l'eau avoit gelé la dernière, la glace étoit blanchatre & peu tranſparente, preſque comme de la neige préſſée.

Par ces expériences je jugeai que la raiſon pourquoi l'eau enfermée dans la glace s'élevoit & ſe repandoit par en-haut, étoit que les bulles qui ſe formoient, venant à s'étendre, la preſſoient & la pouſſoient dehors: Que le petit canal avoit demeuré long-tems ſans ſe glacer, parce que l'eau qui y paſſoit continuellement, l'entretenoit ouvert: Que lorſque la glace avoit enfin bouché ce paſſage, les bulles dont le nombre augmentoit toûjours, avoient enfin été trop preſſées, & par l'effort qu'elles faiſoient pour s'étendre, avoient rompu la glace: Que c'étoit auſſi ce même effort qui avoit fait ſéparer la glace de deſſus d'avec celle de deſſous: Et que la blancheur & l'opacité de la glace qui s'étoit formée de la dernière, venoient de ce qu'il s'y étoit melé quantité de ces bulles.

Si l'on demande d'où ces bulles viennent, je réponds, qu'elles ſe forment d'une matière aërienne dont l'eau eſt toute remplie, comme l'on voit par l'expérience du vuide. Car ſi l'on met un verre plein

d'eau dans le récipient, on voit ſortir de l'eau quantité de ſemblables bulles lorſque l'on pompe l'air : & la même choſe arrive quand on fait bouillir de l'eau ſur le feu. On dira peut-être que dans l'eau bouillante ces bulles viennent du feu. Mais j'ai vû pluſieurs de ces bulles demeurer plus de ſix ſemaines au fond d'un plat rempli d'eau, ſans diminuer notablement de volume; quoique le plat ne fut plus ſur le feu, & même qu'il fût expoſé à un air aſſez froid; d'où je conclus que ces bulles ne ſont point des particules de feu. On pourroit auſſi douter ſi elles ne viennent point de la matière du vaiſſeau, ou de l'air qui eſt contenu dans ſes pores. Ce doute, qui ſemble aſſez bien fondé, m'a donné occaſion de faire une expérience curieuſe. Je verſai de l'huile dans un petit vaiſſeau, & avec la tête d'une épingle je mis doucement une goute d'eau au-deſſus de cette huile. Aiant enſuite mis le vaiſſeau ſur le feu, je ne vis point de bulles ſortir de l'huile ; mais j'en vis beaucoup ſortir de la goute d'eau. Lorſque l'huile fut plus échauffée, la goute d'eau tomba au fond, & les bulles continuérent à en ſortir: mais ce qu'il y a de ſurprenant, un peu après il ſe fit une eſpéce de fulmination, & au même inſtant le deſſus de l'huile fut tout couvert de bulles, dont quelques-unes étoient plus groſſes que toute la goute d'eau. Cette experience me fit juger que la matière dont les bulles ſe forment, eſt contenue dans l'eau, & qu'elle ſe change en air lorſque l'eau gele, ou qu'on la fait bouillir, ou que l'on pompe l'air d'à l'entour en faiſant l'expérience du vuide.

Pour expliquer comment les bulles ſe forment, pourquoi elles s'enflent, & comment ſe font les filets qui paroiſſent au commencement de la congélation; on peut dire qu'il y a beaucoup d'apparence que la fluïdité des liqueurs aqueuſes vient de ce que leurs parties ſont continuellement agitées par le mouvement de cette matière aërienne, & que ce mouvement eſt entretenu par la chaleur. D'où il s'enſuit, que lorſqu'il fait un très-grand froid, ce mouvement devient ſi foible qu'il ne peut plus agiter les parties de l'eau, de manière qu'elles s'attachent au vaiſſeau; & puis elles ſe joignent les unes aux autres ; & de-là viennent les filets & ces lames de glace que l'on voit paroître lorſque l'eau commence à geler. Alors la matière aërienne ſe dégage de l'eau qui géle: & comme les eſprits du vin nouveau étant ſéparés de la matière groſſière du vin ſe mettent en mouvement, font ſortir le vin par le bondon, & rompent le tonneau ſi on ne leur donne paſſage ; ainſi cette matière aërienne en ſe dilatant fait ſortir l'eau par le petit trou qui demeure ouvert, & lorſque ce trou eſt bouché, elle rompt la glace qui la tient trop preſſée. Pour faire voir qu'il n'y a point d'autre cauſe de cette rupture, je fis l'expérience ſuivante.

IV. EX-

Digitized by Google

IV. EXPÈRIENCE.

JE mis de nouvelle eau froide dans le vaiſſeau dont je m'étois ſervi aux deux premières expériences. Lorſque l'eau fut toute gelée par deſſus en ſorte qu'il n'y reſtoit plus d'ouverture, je perçai la glace avec une groſſe épingle. Auſſi-tôt il ſortit un jet d'eau de la hauteur de plus de deux pouces, qui enleva l'épingle qui étoit demeurée dans le trou. Je continuai de percer la glace de tems, en tems; juſqu'à ce que l'eau fût toute gelée; & après cela je la laiſſai expoſée à un air très-froid deux jours & deux nuits de ſuite. Mais la glace ne creva point, quoique d'autre glace qu'on n'avoit point percée, crevât tout auprès.

V. EXPÉRIENCE.

JE voulus voir s'il faloit beaucoup de ces bulles pour rompre la glace; & aiant pour cela fait geler d'autre eau dans le même vaiſſeau, je perçai la glace de tems en tems. Quand l'eau fut preſque toute gelée, je tirai la glace entière hors du vaiſſeau l'aiant un peu fait échauffer, & je la laiſſai expoſée à l'air ſans la percer davantage. Un quart d'heure après je l'entendis rompre, & je la trouvai ſéparée en deux parties preſqu'égales, en chacune deſquelles il y avoit une cavité d'environ un pouce de diamètre, qui étoit l'eſpace qu'occupoient les bulles, & le reſte de l'eau étoit demeuré liquide. La glace étoit tout autour épaiſſe de plus de trois doigts; & néanmoins les bulles qui s'étoient formées du peu d'eau qui reſtoit, n'avoient pas laiſſé de la rompre.

VI. EXPÉRIENCE.

PLuſieurs perſonnes ont tâché de faire des miroirs ardent avec de la glace: mais il eſt difficile d'y réuſſir, parce que d'ordinaire la glace n'eſt pas parfaitement tranſparente. Cependant, aiant jugé par les expériences précédentes, que ſi l'on faiſoit ſortir la matière aërienne qui eſt dans l'eau avant que de l'expoſer à la gelée, on pourroit avoir de la glace très-pure; j'en voulus faire l'eſſai. Je fis donc bouillir de l'eau nette ſur le feu environ l'eſpace d'une demi heure pour faire évaporer la matière aërienne, & je l'expoſai enſuite à un air très-froid. Tout proche de cette eau chaude, j'en mis autant de froide dans un autre vaiſſeau, afin de les comparer enſemble. L'eau froide commença à geler avant que la chaude fût ſeulement refroidie, & il s'y forma quantité de bulles. L'eau chaude gela auſſi à la fin: mais la glace avoit deux pouces d'épaiſſeur de tous côtez, qu'il ne s'y étoit encore

core formé aucune bulle; de ſorte qu'elle étoit parfaitement tranſparente. Je pris un morceau de cette glace dans un petit vaiſſeau concave ſpherique, & aiant approché ce vaiſſeau du feu, je fis fondre peu à peu la glace d'un côté juſqu'à ce qu'elle eût pris une figure convexe ſphérique. J'en fis autant de l'autre côté, retournant ſouvent la glace, & verſant l'eau de tems en tems à meſure que la glace ſe fondoit. Lorſque la glace eut une figure convexe aſſez uniforme, je la pris par les deux bords avec un gand, afin que la chaleur de la main ne la fît pas ſi-tôt fondre, & je l'expoſai au ſoleil. Cette expérience eut le ſuccès que j'attendois: car en fort peu de tems par le moïen de cette glace je mis le feu à de la poudre fine que j'avois placée au foyer ou point brûlant où les rayons ſe réüniſſent. Il eſt vrai que quelque ſoin que l'on prenne, il eſt impoſſible de faire évaporer de l'eau toute la matière aërienne, & d'empêcher qu'il ne ſe forme quelques bulles dans le milieu de la glace; mais on en a toûjours une épaiſſeur conſidérable qui eſt parfaitement tranſparente.

F I N.

E S S A I

ESSAI
DE
LOGIQUE,

CONTENANT

LES PRINCIPES DES SCIENCES,

ET LA MANIÈRE DE S'EN SERVIR POUR FAIRE DE BONS RAISONNEMENS;

DIVISÉ EN DEUX PARTIES;

Par Mr. MARIOTTE,

de l'Academie Roïale des Sciences.

Nouvelle Edition revûe & corrigée.

PRÉFACE.

IL y a ſujet de s'étonner de ce que les plus fameux Philoſophes, tant anciens que modernes, ont tenu des opinions ſi différentes dans les points les plus importans de la Philoſophie: & il eſt difficile de bien juger quelles ont été les véritables cauſes de cette diverſité de ſentimens; car on ne peut pas dire que leurs yeux & leurs autres ſens aient reçû en des manières différentes les impreſſions des objets. Ils ſe ſervoient des mêmes régles à l'égard du raiſonnement, & ils faiſoient également profeſſion de rechercher & d'enſeigner la verité; & cependant ils ont ſoutenu pluſieurs choſes entièrement oppoſées, & n'ont jamais pu mettre fin à leurs conteſtations.

Ariſtote & Deſcartes *veulent, qu'il n'y ait dans le monde aucun eſpace, quelque petit qu'il puiſſe être, qui ne ſoit rempli de quelque matière.* Epicure & Gaſſendi *ſoûtiennent le contraire, & diſent qu'il eſt impoſſible qu'il ſe faſſe aucun mouvement dans la nature, s'il n'y a quelques petits intervalles vuides entre les corps, & entre les petites particules qui les compoſent.* Ariſtote & Ptolomée *ont placé la terre en un parfait repos dans le centre du monde.* Copernic & *les* Pythagoriciens *avant lui, l'ont miſe au rang des étoiles errantes. Les* Stoïciens *ont cru que la vertu étoit l'unique bien des hommes.* Epicure & *ſes Sectateurs n'ont point reconnu d'autre bien que la volupté. Il y a même eu des ſectes entières qui ont rejetté toutes les ſciences, & qui ont ſoutenu que toutes les apparences que nous avons des choſes, n'étoient que des illuſions continuelles, & qu'il étoit impoſſible de rien découvrir de certain, ni par nos ſens, ni par notre raiſonnement.*

Après avoir fait pluſieurs réflexions ſur ces contrariétez, & ſur beaucoup d'autres qui ont été entre les Philoſophes, j'en ai remarqué trois cauſes principales.

La première; que leur Logique étoit défectueuſe, particuliérement à l'égard des definitions, & de la méthode qu'il faut ſuivre pour bien établir une hypothèſe.

La ſeconde; que dans les ſciences naturelles ils s'attachoient trop aux raiſonnemens, & trop peu aux expériences.

La troiſiéme; que la plupart de ces Philoſophes ont été de mau-

mauvaiſe foi ; & que, ſans ſe mettre beaucoup en peine de découvrir la vérité, ils n'ont eu pour but, que d'accommoder leur Philoſophie à leur profit, ou à leur gloire : les uns ſe faiſant Chefs de parti, & les autres, dont le génie étoit moins ambitieux, ſe contentant de choiſir quelque ſecte par caprice, & de la ſoutenir aveuglément en tous ſes points ; en cela ſemblables à de certains animaux qui ſuivent par-tout ceux de leur eſpéce qui marchent devant eux, méme quand ils les conduiroient dans des précipices.

Ces mémes deſordres durent encore aujourd'hui parmi ceux qui s'appliquent aux ſciences : car on auroit peine à faire voir qu'aucun d'eux ait quitté quelqu'une des opinions de ſon parti, après qu'on lui en a fait voir la fauſſeté ; ni qu'il ait conſidéré, qu'encore que celui qu'il a pris pour guide, ait mieux rencontré que les autres en quelques connoiſſances particuliéres, il étoit très-difficile qu'il ne fut auſſi tombé en quelques erreurs.

Ce mal ſeroit peu important, s'il ne s'agiſſoit que d'une vaine curioſité, puiſqu'on a ſouvent autant de divertiſſement à lire des Fables & des Romans, qu'à lire des Hiſtoires véritables : mais il arrive ordinairement que nos malheurs procédent des erreurs dont nous nous laiſſons prévenir. Combien de fois a-t-on vu des Curieux trompés par les impoſtures des Aſtrologues & des Chymiſtes? La plupart des Médecins, prevenus d'une mauvaiſe Phyſique, en tirent pluſieurs conſéquences pernicieuſes à notre ſanté & à notre vie ; & les Etats les plus floriſſans ſont ſouvent renverſés par une fauſſe Politique, & par une Morale mal-fondée.

C'eſt ce qui m'a donné ſujet de rechercher ſi on ne pourroit pas trouver quelque voïe aſſurée pour établir quelque certitude dans les ſciences, ou du moins pour empécher les diſputes, en déterminant ce qu'on peut recevoir au défaut des véritez inconteſtables.

Et enfin, après avoir long-tems examiné cette matière, j'ai cru qu'on ne pouvoit mieux faire que de propoſer quelques véritez, dont tous les hommes non prévenus demeuraſſent facilement d'accord, pour ſervir de principes & de fondemens pour les autres connoiſſances ; & d'enſeigner enſuite une méthode & des régles, pour emploïer ces véritez à découvrir d'autres véritez plus cachées.

J'ai diviſé, pour cette raiſon, ce petit Traité en deux Parties.

Dans la premiére, j'avance pluſieurs propoſitions que je crois

devoir être reçûes pour véritables. Quelques-unes doivent ſervir de Régles pour le raiſonnement, & les autres de Principes certains pour établir les ſciences, particulièrement la Phyſique & la Morale.

Il y a de ces propoſitions qui ſont très-évidentes d'elles-mémes; comme la premiére. Il y en a qui ſe prouvent par induction, c'eſt-à-dire, par les exemples qu'on en donne; comme la deuxiéme, la troiſiéme & la dix-huitiéme. Il y en a même quelques-unes qui ſont prouvées par un raiſonnement facile, fondé ſur quelques propoſitions précédentes; comme la douziéme.

J'ai mêlé parmi ces propoſitions, pluſieurs petits diſcours qui ſervent à expliquer la ſignification de quelques noms, comme le Diſcours qui eſt entre la ſixiéme & la ſeptiéme, afin qu'on ne ſe trompe point dans le ſens des propoſitions.

La ſeconde Partie a beaucoup de choſes ſemblables à la Logique ordinaire, & c'eſt proprement une méthode pour ſe bien conduire en la recherche & en la preuve de la vérité. On y a mis quelques démonſtrations de Géometrie & d'Arithmétique, pour ſervir de modéles pour les raiſonnemens, & pour donner quelque connoiſſance de ces ſciences. Que ſi quelques-uns trouvent ces démonſtrations trop difficiles, ils pourront paſſer légérement par deſſus, ſans ſe mettre en peine de les comprendre exactement, ou quitter le deſſein d'apprendre les ſciences par raiſonnement; puiſqu'ils y trouveront beaucoup d'autres démonſtrations plus obſcures & plus embaraſſantes. On y a mis auſſi quelques démonſtrations de Phyſique aſſez difficiles, à deſſein de faire voir combien il eſt mal-aiſé de pénétrer les ſecrets de la Nature, & qu'une véritable Phyſique ſeroit beaucoup plus difficile que la Géométrie.

Or quoique ce Traité n'ait pas toute ſa perfection, j'ai cru qu'il ne ſeroit pas inutile de le donner au Public; ſoit parce qu'il pourra ſervir de modéle à ceux qui voudront entreprendre d'en faire un plus achevé ſur le méme deſſein; ſoit afin qu'en aiant moi-méme reconnu les défauts par les difficultez que quelques-uns y pourront trouver, je puiſſe le rendre moins défectueux & plus utile au deſſein que je me ſuis propoſé, qui eſt de faire ceſſer, autant qu'il eſt poſſible, les diſputes entre les Sçavans, afin qu'ils puiſſent travailler de concert à l'accroiſſement des ſciences.

ESSAI

Digitized by Google

ESSAI DE LOGIQUE.

PREMIÈRE PARTIE,

Contenant les premiers Principes des Sciences.

DEMANDES.

I.

ON demande que les mots & les façons de parler ſoient ici pris dans le ſens qui leur eſt donné; ou qu'on en mette d'autres en leur place de même ſignification.

II.

Qu'on accorde que nous ſommes quelquefois diſpoſés de telle ſorte, qu'alors la plûpart des actions qu'il nous ſemble faire, comme parler, marcher, ouvrir les yeux, nous les faiſons véritablement; & que la plûpart des choſes qu'il nous ſemble alors appercevoir hors de nous, ſont & exiſtent véritablement hors de nous, quelles que ſoient ces choſes.

III.

Qu'on donne un même nom aux choſes ſemblables, entant qu'elles ſont ſemblables, & des noms différens aux choſes différentes, entant qu'elles ſont différentes; ou ſi les noms ſont donnés autrement, qu'on n'en confonde point les ſignifications.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DU RAISONNEMENT.

I. TOut ce que nous penſons, il eſt vrai que nous le penſons.

II. Il y a des propoſitions ſi certaines & ſi évidentes d'elles-mêmes, que pourvû qu'on entende leur ſignification, on ne peut douter de leur vérité; & elles ſont reçûes pour certaines & infaillibles, ſans ſuppoſer aucune autre connoiſſance précédente: comme, *chaque choſe eſt égale à elle-même; le tout eſt plus grand qu'une de ſes parties; les choſes égales à une autre ſont égales entr'elles; ſi à des choſes égales on ajoûte des choſes égales, les touts ſeront égaux; ſi de choſes égales on retranche*

des choſes égales, les reſtes ſeront égaux; il eſt impoſſible qu'en même tems une choſe ſoit, & ne ſoit pas. Ces propoſitions ſeront ici appellées principes de connoiſſance, ou véritez premières; & leurs contraires, comme *une partie d'une choſe eſt égale à la choſe entiere*, fauſſetez premières.

III. Il y a des propoſitions qui d'abord ne paroiſſent ni fauſſes ni vraies; comme, *les trois angles d'un triangle ſont enſemble égaux à deux angles droits.* Mais lorſqu'on fait voir qu'elles ſont compriſes ſous des véritez premières, & tellement conjointes & liées avec elles, qu'elles ne peuvent etre fauſſes, que ces véritez premières ne le ſoient auſſi; elles ſont tenues pour certaines. Que ſi on montre qu'elles ſoient compriſes ſous des fauſſetez premières, elles ſont tenues pour fauſſes. Mais, ſi on ne fait voir aucune de ces liaiſons & connexitez, elles demeurent toûjours douteuſes.

IV. La connexité & liaiſon d'une propoſition avec quelques autres propoſitions, eſt montrée en cette ſorte: *Si le ſoleil luit, il eſt jour: le ſoleil luit; donc il eſt jour*; ou en celle-ci: *Tout animal eſt vivant: tout homme eſt animal; donc tout homme eſt vivant*; ou en d'autres manières auſſi claires & auſſi évidentes. Car en chacun de ces diſcours, on connoît facilement & clairement que la troiſième propoſition eſt tellement liée & conjointe avec les deux premières, qu'elles ne peuvent être tenues pour vraies, qu'on ne la tienne auſſi pour vraie. On appellera cet aſſemblage de propoſitions par lequel on connoît la connexité de la dernière avec les deux premières, raiſonnement, argument, ou ſyllogiſme: & le diſcours par lequel on connoît la connexité d'une propoſition douteuſe, avec des propoſitions certaines & infaillibles, ſoit qu'il ſoit compoſé d'un argument ou de pluſieurs; on l'appellera preuve ou demonſtration.

V. Si une propoſition douteuſe eſt prouvée par une ou pluſieurs véritez premières, & qu'on faſſe voir qu'une autre propoſition douteuſe ſoit compriſe ſous celle qui eſt prouvée, cette autre propoſition ſera tenue pour prouvée, & ainſi à l'infini.

VI. Les véritez premières ne doivent point être prouvées par d'autres véritez premières, puiſqu'elles ſont très-certaines d'elles-mêmes.

Les propoſitions prouvées qui ſervent à prouver beaucoup d'autres propoſitions, ſeront appellées principes ſeconds, ou propoſitions fondamentales.

VII. Les propoſitions qui ne ſont pas des véritez premières, ne peuvent ſervir de principes pour en prouver d'autres, ſi elles ne ſont prouvées.

VIII. On ne peut prouver une propoſition, ni faire connoître une choſe par une autre, qui ſoit autant ou plus inconnue; & ſi on a prouvé une propoſition par une autre, on ne peut pas prouver réciproquement cette dernière par la première.

Croire

Digitized by Google

Croire une propoſition, c'eſt la tenir pour vraie, ſoit qu'elle ſoit vraie ou fauſſe.

On appellera ici ſcience, la connoiſſance qu'on a des véritez premières, & de ce qui eſt prouvé.

Mais ſi on croit une propoſition qui n'eſt pas vérité première, ni prouvée; on appellera cette créance opinion, ſoit que la propoſition ſoit vraie ou fauſſe.

Propoſition intellectuelle eſt une propoſition qu'on peut juger vraie, ou fauſſe par elle-même, ou par le raiſonnement, ſans qu'il ſoit beſoin de ſe ſervir des ſens pour en avoir la certitude, mais ſeulement pour entendre ſa ſignification: comme, *les choſes égales à une autre ſont égales entr'elles; en tout triangle le plus grand angle eſt ſoûtenu du plus grand côté.*

Propoſition ſenſible eſt celle qui ne peut être jugée vraie ou fauſſe, ſans l'aide des ſens: comme, *il eſt des étoiles; le feu brûle; le plomb eſt plus peſant que l'argent.*

IX. Les propoſitions ſenſibles douteuſes ſont prouvées vraies, quand on fait tomber ſous les ſens les choſes dont on eſt en doute. Comme ſi quelqu'un étant dans une chambre fermée & obſcure, doutoit de cette propoſition, *il eſt jour*; elle lui ſeroit prouvée, ſi on ouvroit les fenêtres, & qu'on lui fît voir le ſoleil. De même, ſi quelqu'un doutoit de cette propoſition, *l'or ſe fond plus difficilement que le plomb*; elle lui ſeroit prouvée ſi on lui en faiſoit voir l'expérience. On appellera ici cette ſorte de preuve, preuve par induction, ou preuve par expérience.

X. Il ne faut point diſputer contre ceux qui nient les véritez premières, parce qu'on ne peut rien prouver que par les véritez premières.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES, POUR ETABLIR LES SCIENCES DES CHOSES NATURELLES.

ON appellera ici effet, tout changement qui arrive en une choſe, ou la production d'une nouvelle choſe.

XI. Si une choſe étant poſée il s'enſuit un effet; & ne l'étant point, l'effet ne ſe fait pas, toute autre choſe étant poſée: ou ſi en l'ôtant, l'effet ceſſe; & ôtant toute autre choſe, l'effet ne ceſſe point: cette choſe-là eſt néceſſaire à cet effet, & en eſt cauſe.

XII. Si deux choſes étant poſées il ſe fait un effet, & que l'une produiſe l'effet, & l'autre le reçoive; celle qui ne ſouffre point de changement, eſt celle qui produit l'effet.

XIII. De quelque façon que les choſes qui tombent ſous nos ſens, nous paroiſſent, il eſt vrai qu'elles nous paroiſſent de cette ſorte.

Ce

Ce qui nous paroît dans les choſes, comme la couleur, la figure, l'odeur, la peſanteur, d'où les choſes ſont dites rouges ou blanches, rondes ou quarrées, odoriférantes, peſantes, &c. ſera ici appellé qualité : & les choſes qui ont ou paroiſſent avoir des qualitez entant qu'elles les ont, ou paroiſſent les avoir, ſeront appellées des ſubſtances; comme un arbre, une étoile, le ſoleil, &c.

XIV. Les propoſitions ſenſibles par leſquelles nous aſſûrons qu'une ſubſtance a de certaines qualitez, comme, *ce que je touche, eſt chaud*; *le ſoleil eſt lumineux*; *le ſucre eſt doux*; ſeront reçûes pour vraies, ſi ces qualitez ou apparences de qualitez tombent ſous nos ſens : car, par le neiziéme principe, cette ſubſtance nous paroît de cette ſorte; & par l'onziéme, elle produit cette apparence : d'où il ſuit, ou qu'elle a ces qualitez, & qu'elle eſt telle qu'elle nous paroît, ou du moins qu'elle eſt telle à notre égard; c'eſt-à dire, qu'elle eſt diſpoſée à produire ou faire produire véritablement en nous ces effets, que nous appellons, voir de la lumière, ſentir de la chaleur, goûter de la douceur, ainſi des autres qualitez ſenſibles.

XV. Les propoſitions ſenſibles par leſquelles nous aſſûrons qu'une choſe eſt une telle ſubſtance, comme, *ce que je vois, eſt une roſe*, ſeront reçûes pour vraies par ceux qui reconnoîtront immédiatement par pluſieurs obſervations dans le ſens du principe précédent, toutes les qualitez, cauſes, effets & circonſtances de cette ſubſtance, qui toutes enſemble ne conviennent qu'à cette ſubſtance. On appellera ces propoſitions, & celles dont il eſt parlé dans le principe precédent, principes de connoiſſance ſenſible, ou véritez premières ſenſibles; car il n'y a rien de plus certain dans les connoiſſances qui dépendent des ſens.

On dira d'une choſe, qu'elle eſt poſſible intellectuellement, quand la propoſition qui aſſure qu'elle eſt impoſſible, n'eſt pas une verité premiere intellectuelle, ni compriſe ſous aucune vérité premiere intellectuelle : comme ſi cette propoſition, *il eſt impoſſible de tirer une ligne droite d'un point à un autre*, n'eſt pas une vérité premiere intellectuelle, ni compriſe ſous une ou pluſieurs véritez premieres intellectuelles; on dira qu'il eſt poſſible intellectuellement qu'une ligne droite ſoit tirée d'un point à un autre.

XVI. Tout poſſible intellectuel ne ſe réduit pas en effet.

XVII. Le monde eſt un poſſible intellectuel réduit en effet.

On appelle ici la nature, la diſpoſition des choſes qui compoſent le monde de la ſorte qu'elles ſont diſpoſées à produire leurs mouvemens, agir, & recevoir les effets les unes des autres comme elles font, pendant toute la durée du monde, & dans toute ſon étenduë.

XVIII. Même ou ſemblable cauſe naturelle, & ſemblablement diſpoſée, en un ſujet meme ou ſemblable & ſemblablement diſpoſé, produit un ſemblable effet.

XIX. Les cauſes poſées, l'effet ſe fait naturellement au ſujet diſpoſé.

Poſſi-

Poſſible naturel eſt, ce dont les cauſes ſont en la nature, ce qui arrive d'ordinaire, & qui n'eſt pas au-deſſus du pouvoir de la nature: comme, il eſt poſſible naturellement qu'il pleuve, qu'il ſe faſſe un tremblement de terre, qu'un homme marche, &c.

XX. Tout poſſible intellectuel n'eſt pas poſſible naturel; mais tout poſſible naturel eſt auſſi poſſible intellectuel.

XXI. Tout poſſible naturel ne ſe réduit pas en effet.

Une choſe ſera appellée naturellement poſſible, quand une ſemblable a été faite.

XXII. Il y a quelque choſe dans les ſubſtances ſenſibles naturelles, qui eſt comme le fondement & l'appui de leurs qualitez, & qui ne ſe perd point, quoique les qualitez ſe perdent, & qu'une ſubſtance devienne une autre: comme, la terre & l'eau ſe convertiſſent en blé, le blé en pain, le pain en ſang, le ſang en chair, la chair en feu ou en terre, &c. Or cette choſe qui reçoit ſucceſſivement les qualitez du blé, du pain, du ſang, &c. je l'appelle la matière des ſubſtances.

XXIII. Les effets ne ſont pas avant leurs cauſes, & tout effet a une ou pluſieurs cauſes.

XXIV. Il n'y a pas en même tems une ſubordination infinie de cauſes naturelles d'un même effet; mais chaque effet a une ou pluſieurs cauſes premières, ou du moins, on ne peut aller à l'infini dans la recherche des cauſes naturelles d'un même effet.

XXV. Les cauſes ne font leurs effets que ſur ce qui eſt capable de les recevoir, & ſuivant qu'il eſt diſpoſé.

XXVI. Il y a une ſuite de cauſes & d'effets en la nature, ſuivant laquelle les choſes naturellement poſſibles ſe réduiſent en effet: comme, le ſoleil fait élever l'eau en vapeurs; les vapeurs épaiſſies & condenſées dans l'air retombent en pluie; la pluie fait croître les herbes; les herbes nourriſſent les animaux; & ainſi de ſuite.

On appellera poſſible ſelon l'ordre de la nature, ce qui doit ſe réduire en effet ſuivant cette ſuite de cauſes.

XXVII. Il y a des cauſes naturelles qui s'empêchent les unes les autres; mais les effets ſe font ſuivant les plus fortes: comme, l'eau ne monte point, parce qu'elle eſt plus peſante que l'air; mais étant pouſſée dans une pompe, elle monte: l'air échauffé ſe dilate; mais s'il eſt preſſé & retenu dans quelque corps ſolide, il demeure au même état de condenſation.

XXVIII. Il y a de la différence d'être poſſible ſelon l'ordre de la nature & la ſuite des cauſes naturelles, & d'être poſſible de la ſimple poſſibilité naturelle: comme, il eſt poſſible de la ſimple poſſibilité naturelle qu'un dé bien fait qu'on laiſſe tomber ſur une table, ſe tourne ſur quelle que ce ſoit de ſes faces; mais ſuivant la ſuite des cauſes, il y en a une déterminée.

XXIX. La plûpart des qualitez naturelles ne ſont autre choſe que la

disposition de la matière à faire & recevoir de certains effets : ainsi une corde de lut frappée produit le son par le mouvement qu'elle imprime en l'oreille, quoiqu'en la corde il n'y ait aucun son, mais seulement un mouvement.

XXX. La plûpart des qualitez naturelles ne nous paroissent que suivant le rapport que les substances ont à nous, & à nos sens ; & si nos sens changeoient de disposition, elles nous pourroient paroître d'une autre sorte : ainsi, le vin semble amer en une disposition, & d'agréable saveur en une autre ; une même chose sans changement paroît chaude à ceux qui ont froid, & froid à ceux qui ont chaud. La raison est, que tout sentiment est un effet que nous recevons par le douzième principe ; mais les effets ne se font que suivant le rapport des choses entr'elles par le vingt-cinquième, & par conséquent les choses ne nous paroissent que suivant le rapport qu'elles ont à nous & à nos sens.

XXXI. Le plus & le moins d'une qualité, soit apparente ou réelle, nous fait souvent donner des noms différens de qualité, quoique ce ne soit que la même ; comme la petitesse & la grandeur, la pesanteur & la légéreté, la viteſſe & la lenteur. La raison est, que, comme nous participons à ces qualitez, elles ne nous paroissent pas telles qu'elles sont absolument & en elles-mêmes, mais seulement par comparaison : ainsi nous appellons sans saveur l'eau qui est moins salée que notre langue ; & froide, celle qui est moins chaude que notre main, quoique réellement l'une soit salée & l'autre chaude : de même, l'air est dit léger au respect de l'eau, parce que l'eau tend en bas avec plus de violence, & chasse l'air en haut ; mais si on mettoit de l'air au-dessus d'un corps plus léger, il pourroit descendre & paroître pesant.

Qualité essentielle d'une substance est celle sans laquelle elle n'auroit pas le nom qu'elle a : comme, la lumière & la chaleur sont des qualitez essentielles au feu ; car une substance ne sera pas appellée feu, si elle n'a ni chaleur ni lumière.

Qualité accidentelle est une qualité qui peut être & n'être pas en une substance, sans changer son nom de substance qu'elle a pour d'autres qualitez : comme, la blancheur est une qualité accidentelle à un homme ; car on ne l'appelle pas homme à cause de la blancheur. On peut comprendre aussi sous le nom d'accident, ou qualité accidentelle ou attribut, ce qui arrive à une chose & la concerne en quelque sorte que ce soit, lorsqu'elle en a quelque nom : comme, lorsqu'une chose est dite vieille ou nouvelle, éloignée ou proche ; & qu'un homme est dit être assis ou debout, être vétu, nud, embarqué, armé, &c.

Qualité propre ou propriété, est une qualité qui ne faisant point donner le nom, se trouve en une substance particulière, & non dans les autres : comme, les facultez de rire & de parler sont des qualitez propres aux hommes.

XXXII. Quelque chose que ce soit, n'est autre chose qu'elle-même ; mais

mais beaucoup de choſes ont divers noms de ſubſtance, à cauſe de diverſes qualitez qui ſont en elles; comme, on dit d'un aigle, que c'eſt une ſubſtance, un corps, un animal, un oiſeau, un aigle.

Lorſque pluſieurs choſes différentes & qui ont des noms différens, ont quelque choſe de ſemblable qui leur fait donner un nom commun de ſubſtance, elles ſeront dites etre d'un même genre à l'égard de leur nom commun, & être des eſpéces de ce genre à l'égard de leurs noms différens: comme, un aigle & un cigne, qui ont le nom commun d'oiſeau, à cauſe de quelques choſes qui leur ſont communes, comme de voler, d'avoir des plumes, &c. ſeront dits être du genre des oiſeaux, & chacun d'eux être une eſpéce d'oiſeau; les roſes & les tulippes ſeront dites être du genre des fleurs, & chacune d'elles être une eſpéce ou ſorte de fleur.

On dira la même choſe des qualitez différentes qui tombent ſous un même ſens, ou qui ont quelque autre choſe ſemblable qui leur fait donner un nom commun: comme, la blancheur & la rougeur ſont des eſpéces de couleur; & l'aigreur & l'amertume, des eſpéces de ſaveur.

XXXIII. Toutes les choſes ſont particulières, & l'une n'eſt pas l'autre, quoiqu'elles aient des noms communs de genre ou d'eſpéce: quelques-uns ont des noms qui dénotent leur individuïté, c'eſt-à-dire, leur particularité ou ſingularité, comme le ſoleil, la lune, Platon, Bucéphale, &c: la plûpart n'en ont point; mais on peut les diſtinguer, en diſant, par exemple, ce cigne, ce cheval, cette épée, cette maiſon, &c.

XXXIV. Une qualité eſt naturelle à une choſe, lorſque, rien d'externe n'agiſſant ſur elle, elle conſerve cette qualité, ou la reprend, lorſque ce qui la lui avoit fait perdre, eſt éloigné ou ôté: mais ſi par l'éloignement de quelque cauſe externe, quelque choſe perd une qualité, cette qualité n'eſt pas naturelle à cette choſe qui la perd.

XXXV. Nos ſens ne diſcernent point avec exactitude les petites différences des choſes entr'elles: comme, la vûë ne peut diſcerner ſi l'aiguille d'une montre eſt en mouvement ou non, ſi une ligne eſt exactement droite, ſi une ſurface eſt parfaitement plane & polie, &c.

Signes d'une choſe ſont ſes cauſes, ſes effets, ce qui la précéde, la ſuit & l'accompagne d'ordinaire.

XXXVI On ne peut pas aſſûrer avec une certitude entière, qu'une choſe ſoit une telle ſubſtance, ou une telle qualité, ou qu'elle produiſe un tel effet, ſi étant ſuppoſée une autre choſe poſſible, on pourroit avoir dans une diſpoſition poſſible de ſemblables ſignes, & apparences de l'une que de l'autre.

XXXVII. Quoiqu'il paroiſſe pluſieurs ſignes d'une choſe, s'il en paroît un ſeul qui n'y puiſſe convenir, ou ſi un qui devroit néceſſairement paroître, ne paroît pas, ce n'eſt pas cette choſe: comme, encore que le ſalpétre ait beaucoup de ſignes de l'eau glacée, on jugera que

ce n'en eſt pas, quand on verra qu'il excite de petites flammes bleues, en le mettant ſur un charbon ardent ; car c'eſt un ſigne qui ne convient point à l'eau glacée.

XXXVIII. Les propoſitions ſenſibles univerſelles, comme, *l'eau éteint le feu, les hommes de l'Europe ſont blancs*, dépendent des particulières, & ne ſont connues vraies que par elles; & ſont fauſſes, lorſqu'une particulière eſt contraire.

XXXIX. Les propoſitions ſenſibles univerſelles par leſquelles on énonce des effets & des qualitez eſſentielles, ne ſont pas moins certaines que les particulières: comme, la propoſition univerſelle, *tout animal eſt vivant*, n'eſt pas moins certaine que la particulière, *cet animal eſt vivant*; car d'autant que le nom d'animal eſt donné à cauſe de la vie, en ſorte que rien ne peut être dit animal, s'il n'eſt vivant, il faut de néceſſité que tout animal ſoit vivant.

XL. Lorſque les ſens étant bien diſpoſés, une choſe ne paroît pas en un lieu où elle paroîtroit ſi elle y étoit, la propoſition qui aſſûre que cette choſe eſt en ce lieu, ſera tenue pour fauſſe: comme, s'il ne paroît aucune choſe ſur une table bien unie & bien éclairée, la propoſition qu'il y a un livre ou une groſſe pierre ſur cette table, ſera tenue pour fauſſe: on appellera ces ſortes de propoſitions & celles qui nient l'exiſtence d'une choſe qui nous paroît évidemment, fauſſetez premières ſenſibles.

PRINCIPES DES PROPOSITIONS VRAI-SEMBLABLES.

IL eſt manifeſte que nous n'avons pas toûjours le tems, les occaſions & les autres moïens pour bien examiner & connoître toutes les qualitez eſſentielles, & les circonſtances des choſes; qu'il y a des qualitez & des effets ſemblables qui conviennent à des choſes différentes, comme la blancheur à la neige, au ſel & au ſucre, la lumière au ſoleil & au feu; & que nous n'avons jamais une certitude entière & infaillible, que nos ſens ſoient bien diſpoſés; outre que quelques cauſes ſecrettes changent quelquefois les apparences ordinaires, & qu'en dormant, ou étant en de certaines diſpoſitions extraordinaires, il nous paroît des choſes qui ne nous paroiſſent pas, ou nous paroiſſent d'une autre ſorte quand nous ſommes éveillés, & en une autre diſpoſition: & cependant nous ſommes ſouvent obligés de faire quelques actions, & de les régler par des propoſitions fondées ſur des ſignes & des apparences de cette ſorte, quoiqu'elles puiſſent être fauſſes: comme en voïant ſeulement la figure & la couleur d'une pomme, on ne laiſſe pas de la prendre pour la manger. En ces cas, on dira qu'il faut croire un propoſition, & qu'elle eſt vrai-ſemblable, lorſque n'étant pas infaillible, elle

a plus de lignes & d'apparences, ou eſt plus ſouvent reconnue véritable que ſa contraire.

XLI. Les propoſitions vrai-ſemblables ne doivent être reçûes qu'au défaut des propoſitions certaines ou prouvées, & quand nous ſommes obligés de faire quelque action de néceſſité.

XLII. Il y a de ces propoſitions dont la vérité eſt ſi ſouvent reconnue, & dont les contraires ont ſi peu de poſſibilité, qu'elles ſont preſque tenues pour certaines: comme, ſi on rouloit enſemble 10000 dez bien faits, la propoſition qui aſſûreroit qu'ils ne ſe tourneroient pas tous ſur la face marquée de l'unité, ſeroit comme certaine, quoiqu'elle ne fût pas abſolument infaillible.

XLIII. Toutes les fois qu'il nous ſemble être éveillés, ſi faiſant réflexion ſur tout ce qui nous paroît, nous ne trouvons rien de contraire à la ſuite des cauſes & des effets naturels qui nous ſont connus; il faut croire que nous ſommes éveillés, que nous faiſons véritablement la plûpart des actions qu'il nous ſemble faire, & que la plûpart des choſes qui nous paroiſſent alors, ont une exiſtence réelle & poſitive.

XLIV. Lorſqu'il y a plus de ſignes d'une choſe que d'une autre, il faut conclure pour le plus grand nombre de ſignes, s'ils ſont également conſidérables.

XLV. Il faut croire qu'une choſe arrivera plûtôt qu'une autre, quand elle a plus de poſſibilitez naturelles, ou qu'une ſemblable eſt arrivée plus ſouvent: comme, en roulant ſur une table trois dez bien faits, il faut croire, & il eſt vrai-ſemblable, qu'on fera plûtôt dix que quatre, parce qu'on peut faire dix en plus de ſortes que quatre.

XLVI. Les propoſitions ſenſibles univerſelles qui aſſûrent des effets & des qualitez non eſſentielles, ſi elles ſont fondées ſur une ou pluſieurs vérités premières ſenſibles, ſont certaines en un même ou ſemblable ſujet & ſemblables circonſtances, par le principe 18: comme, ſi on a obſervé qu'une pierre jettée en l'air retombe; la propoſition qu'une pierre jettée en l'air retombera, ſera certaine à ceux qui en ont fait l'obſervation, pourvû qu'il n'y ait point de cauſes contraires qui empêchent cet effet, ſelon le principe vingt-ſeptième. Mais lorſqu'on n'eſt pas aſſûré ſi les cauſes, les ſujets, & les circonſtances ſont entiérement ſemblables, la propoſition ſera ſeulement vrai-ſemblable: comme, ſi on a vû de l'eau éteindre du feu, on tiendra pour vrai-ſemblable que toute eau éteindra tout feu dans la quantité ſuffiſante, juſques à ce que le contraire paroiſſe par une vérité première ſenſible, auquel cas il faudra diſtinguer la propoſition univerſelle: comme, l'eau éteint le feu ordinaire, mais non pas le feu de camphre; quelque miel eſt poiſon, quelque miel eſt bon à manger; une pompe éléve l'eau par aſpiration de la hauteur de trente pieds, mais ſi l'eau eſt plus baſſe que quarante pieds, elle ne peut l'élever.

XLVII. Il eſt vrai-ſemblable que les cauſes qui auront du rapport

entre elles, feront des effets ou ſemblables, ou qui auront du rapport entre eux, & ſeront proportionnés à leurs cauſes: comme, ſi on a obſervé que les rayons du ſoleil ſe rompent en paſſant de l'air dans l'eau, il ſera vrai-ſemblable que ceux d'une chandelle y paſſant ſe rompront auſſi; & s'ils ſe rompent en entrant dans du verre, il ſera vrai-ſemblable qu'ils ſe rompront en entrant dans du criſtal, ou ſemblablement, ou plus ou moins.

XLVIII. Lorſqu'une choſe étant poſée, il ſe fait un effet; ou qu'étant ôtée, l'effet ceſſe ou ne ſe fait pas; ſi cette choſe eſt reconnue ſuffiſante pour cet effet, quoiqu'on n'ait pas une connoiſſance certaine que toute autre choſe ſoit poſée ou ôtée, ſelon les conditions du principe onzième, on tiendra pour vrai-ſemblable que cette choſe eſt la cauſe, ou une des cauſes de cet effet, juſques à ce qu'on découvre une autre choſe à laquelle les conditions de cauſe de cet effet conviennent mieux. Ainſi on tiendra pour vrai-ſemblable que les fontaines procédent de la pluie, parce que quand il pleut beaucoup, les fontaines naiſſent ou augmentent; qu'elles diminuent ou ceſſent ordinairement à proportion qu'il ceſſe de pleuvoir; & que la pluie eſt ſuffiſante pour les produire; quoiqu'on ne ſoit pas certain s'il n'y a point quelqu'autre cauſe ſecrette qui aide à les produire.

XLIX. Lorſqu'en recherchant la ſuite des cauſes pour expliquer & rendre raiſon de quelques effets naturels, on en trouve une dont on ne peu donner aucune cauſe qui ſoit certaine & évidente, on s'en ſervira comme d'une cauſe premiére naturelle pour prouver & expliquer ces effets; & la propoſition qui énoncera la vérité de cette cauſe, ſervira de principe pour prouver les effets qu'elle produit, pourvû que cette propoſition ſoit reconnue véritable par pluſieurs expériences, ſans qu'aucune y contrevienne. Comme, ſi on a remarqué que les miroirs concaves oppoſés au ſoleil mettent en feu les matiéres combuſtibles, qui ſont proches d'un certain point qu'on appelle le foyer du miroir; & qu'on ait jugé que cet effet procéde de ce que la lumiére du ſoleil qui tombe ſur le miroir, ſe réünit & ſe raſſemble par réflexion à l'entour de ce point; & qu'on ait trouvé enſuite que ce dernier effet procéde de ce que les angles de réflexion des rayons lumineux ſont toûjours égaux aux angles de leur incidence, ſans qu'on puiſſe trouver une cauſe certaine & évidente, pourquoi ces angles ſont toûjours égaux: on prendra pour principe ou propoſition fondamentale cette propoſition, *L'angle de réflexion des rayons eſt égal à l'angle de leur incidence*; pourvû qu'on en ait fait pluſieurs expériences, ſoit ſur des miroirs plans, ſoit ſur des convexes, &c. La raiſon eſt, que puiſque par le vingt-quatriéme principe nous ne pouvons aller à l'infini dans la recherche des cauſes naturelles, nous devons nous arrêter à la plus éloignée qui nous paroît certaine & évidente, lorſqu'elle peut ſervir à expliquer & rendre raiſon de pluſieurs effets, juſques à ce qu'on découvre une autre cau-

cauſe certaine & évidente de laquelle elle dépende. On appellera loix ou régles de la nature, ou principes naturels, les propoſitions qui aſſûrent des choſes & des effets naturels qui n'ont point de cauſes qui ſoient évidentes & certaines, & qui ſont cauſes d'autres effets: mais ces propoſitions ne ſont pas des véritez premières intellectuelles ou ſenſibles, mais ſeulement des propoſitions fondamentales ou principes ſeconds; parce que leur connoiſſance & certitude dépend des obſervations & expériences, & du principe dix-huitième. On peut auſſi appeller ces propoſitions qui ne ſont connues vraies que par l'expérience, & qui ſervent à en prouver d'autres, principes d'expérience: comme, *les rayons qui paſſent obliquement de l'air dans l'eau, font une inflexion ou réfraction en entrant dans l'eau, & ne vont plus ſelon les mêmes lignes droites.*

L. Les principes d'expérience qui aſſûrent un effet préciſément d'une certaine ſorte, ſeront reçûs ſelon cette préciſion, ſi par pluſieurs différentes obſervations on n'a jamais remarqué cet effet d'une autre ſorte, & qu'il ne puiſſe être que de cette ſorte, ou d'une autre contraire; encore que ſelon le principe trente-cinquième, on ne puiſſe diſcerner par les ſens cette préciſion avec une entière exactitude. Comme, ſi on a remarqué que les rayons du ſoleil s'étendent en lignes droites par un même milieu tranſparent, & qu'on n'y ait jamais remarqué de courbure; on tiendra pour principe d'expérience ou loi de la nature, que les rayons du ſoleil s'étendent préciſément en lignes droites par un même milieu tranſparent. Mais on ne peut pas prendre pour principe d'expérience, que les ſinus des angles d'incidence & de réfraction des rayons qui paſſent de l'air dans l'eau, ſoient entr'eux préciſément comme trois à quatre, mais ſeulement à peu près; puiſqu'on ne ſçait pas, & qu'on ne peut remarquer ſi cette raiſon n'eſt pas comme de trois à quatre plus ou moins $\frac{1}{100}$, ou $\frac{1}{1000}$, ou $\frac{1}{10000}$, &c.

LI. Quand pluſieurs perſonnes, ſans avoir communiqué enſemble, aſſûrent ſéparément d'une même façon & avec les mêmes circonſtances un effet arrivé en la nature, il faut croire la vérité de cet effet, comme une vérité première ſenſible. Car, comme il y a une infinité de diverſes penſées poſſibles, il eſt très-difficile que pluſieurs hommes aient la même penſée pour un même objet avec toutes les mêmes circonſtances, s'il n'eſt véritablement tombé ſous leurs ſens; quoiqu'il ne ſoit pas abſolument impoſſible.

LII. Quand quelqu'un aſſûre, par diverſes fois & en divers tems, de même façon, & avec pluſieurs mêmes circonſtances & nulle différente, un effet arrivé en la nature, il faut croire vrai-ſemblablement que cet effet lui a paru, ſi l'on ne ſçait aucune choſe par laquelle il ait reçû une fauſſe créance, ou aucun ſujet pour lequel il doive faire cette propoſition contre ſa penſée.

On appellera ſyſtême d'une choſe la façon dont on ſuppoſe qu'elle eſt

eſt pour expliquer ſes effets, ſignes & apparences, & en rendre raiſon. Comme, lorſque pour expliquer les mouvemens des aſtres & leurs apparences, les uns ſuppoſent que la terre eſt immobile, & que le ſoleil & les étoiles tournent à l'entour de la terre; & les autres, que le ſoleil & les étoiles fixes ſont immobiles, & que les planétes & la terre tournent autour du ſoleil; ce ſont des ſyſtêmes différens qu'ils ſuppoſent, ſoit que le ciel ſoit diſpoſé & faſſe ſes mouvemens de cette ſorte préciſément, ou non. Quelques-uns poſent pour ſyſtême des choſes ſublunaires, qu'il y a quatre élémens dont tous les autres corps ſont compoſés, ſçavoir le feu, l'air, l'eau, & la terre: quelques-uns y ajoûtent le ſel, le ſoufre, & le mercure, qu'ils appellent les principes des corps; & il y en a pluſieurs qui croient que ces deux ſyſtêmes ſont faux, & que toutes les ſubſtances matérielles ſont compoſées de pluſieurs petits corps indiviſibles de différentes grandeurs & figures, qu'ils appellent des atomes.

LIII. Une hypothèſe d'un ſyſtême eſt plus vrai-ſemblable que celle d'une autre, lorſqu'en le ſuppoſant on rend raiſon de toutes les apparences, ou de plus grand nombre d'apparences, plus exactement, plus clairement, & avec plus de rapport aux autres choſes connues; mais s'il y a une ſeule apparence qui ne puiſſe convenir à une hypothèſe, cette hypothèſe eſt fauſſe ou inſuffiſante.

PRINCIPES ET PROPOSITIONS FONDAMENTALES DE LA MORALE.

ON appelle ici plaiſir tout ſentiment agréable que nous recevons; ſoit par le moïen des ſens, comme celui qui procéde du goût d'une douce ſaveur; ſoit par l'eſprit & l'imagination, comme celui que nous recevons d'être loués, d'avoir gagné une bataille, d'avoir acquis une perfection nouvelle: & les ſentimens deſagréables ſont ici appellés douleurs ou déplaiſirs.

LIV. Les plaiſirs & les douleurs que nous ſentons, nous les ſentons véritablement, quelles qu'en puiſſent être les cauſes.

Les choſes & les actions qui nous cauſent du plaiſir, ſont ici appellées nos biens, entant qu'elles nous cauſent du plaiſir; & celles qui nous cauſent de la douleur, ſont appellées nos maux, entant qu'elles nous cauſent de la douleur.

LV. Une même choſe ou action n'eſt pas un même bien ou mal aux perſonnes diverſement diſpoſées; & ce qui eſt bien à un, peut être mal à un autre.

LVI. A cauſe du ſentiment que nous avons des plaiſirs & des douleurs, ou pour quelqu'autre cauſe que ce ſoit, nous concevons ou énonçons des propoſitions, que nous faiſons les régles de nos actions: comme,

me, *de deux maux dont l'un ou l'autre eſt néceſſaire, il faut fuir le plus grand; il faut préférer l'honneur à la vie.* On appellera ces propoſitions, propoſitions morales.

LVII. Il y a de ces propoſitions qui ſont reçûes ſans qu'on en puiſſe doûter; comme, *il faut faire ce qui eſt le mieux*: on les appellera propoſitions morales premières, ou principes du devoir.

LVIII. Une action eſt prouvée devoir être faite, lorſqu'on montre qu'elle eſt conforme à des propoſitions morales premières, ou à des propoſitions prouvées par des propoſitions morales premières.

LIX. Lorſqu'un bien ou un mal nous paroît, ſoit par le moïen des ſens, ſoit par le moïen de l'imagination & de la mémoire; il s'excite en nous des mouvemens par leſquels nous ſommes émus autrement que nous ne le ſommes d'ordinaire: on appellera ces mouvemens, paſſions.

LX. Les principales paſſions qui concernent le bien, ſont; l'amour, qui eſt une paſſion qui s'excite en nous, lorſque nous avons la connoiſſance qu'un objet nous donne ou nous peut donner du plaiſir; le déſir, qui nous excite à ſuivre les objets que nous aimons, & que nous ne poſſédons pas; & la joie, par laquelle nous ſommes émus en la jouïſſance & poſſeſſion de ce que nous aimons.

LXI. Les principales paſſions qui concernent le mal, ſont; la haine, contraire à l'amour; l'averſion, contraire au déſir; & la triſteſſe, contraire à la joie. La joie s'excite auſſi en nous, lorſque nous avons évité un mal, ou que nous en ſommes délivrés; & la triſteſſe, lorſque nous perdons un bien.

LXII. Lorſque nous croïons vrai-ſemblablement que nous obtiendrons un bien ou que nous éviterons un mal que nous avons cru certain, il s'excite en nous une paſſion qui a quelque rapport à la joie; elle eſt appellée, eſpérance: la paſſion contraire peut être appellée, défiance, crainte, ou deſeſpoir.

LXIII. Si quelque choſe nous cauſe un mal, ou nous empêche d'obtenir un bien, il s'excite en nous une paſſion violente, par laquelle nous ſommes émus & fortifies à repouſſer cet empêchement, ou a détourner ce mal: on appellera cette paſſion, colére.

On appelle ici action volontaire, celle à laquelle notre volonté ſe portant, nous la faiſons; & ne s'y portant pas, nous ne la faiſons pas de nous-mêmes: comme, jetter une pierre, parler, &c. Et action involontaire, celle qui ſe fait en nous, ou que nous faiſons, quelque volonté que nous aïons au contraire; comme, le battement du cœur, le mouvement du bras, quand quelqu'un nous le remue par force.

LXIV. Les mouvemens de l'imagination & de la mémoire ſe font quelquefois ſans deſſein, & même malgré la volonté; mais ſouvent on les excite volontairement: comme, lorſque l'on compoſe des vers, qu'on fait le projet d'un tableau ou d'un bâtiment, qu'on invente une démonſtration, &c.

LXV. La mémoire d'un objet en excite la paſſion; mais quelquefois la paſſion excite la mémoire & l'imagination: comme, lorſqu'on a eu une extréme triſteſſe, il peut arriver que quelque tems après un ſemblable mouvement de triſteſſe s'excitera en nous, ſans penſer à l'objet qui l'a cauſée, & qu'enſuite nous nous en ſouviendrons: & ce qui fait que nous reconnoiſſons les choſes que nous avons déja vûes, procéde de ce que la ſeconde vûë excite en nous des mouvemens ſemblables aux mouvemens que la premiere y avoit excités; & la comparaiſon que nous faiſons de ces deux mouvemens, & des paſſions qu'ils produiſent, laquelle nous les fait paroître ſemblables ou proportionnés, forme la reconnoiſſance.

LXVI. La volonté ne ſe porte qu'au bien connu, ou cru tel par le ſens, ou par l'imagination, ou par le raiſonnement.

LXVII. La créance qu'une choſe ſoit ou ne ſoit pas, ne dépend pas de la volonté; toutefois nous pouvons exciter volontairement l'imagination d'une choſe, & cette imagination fait naître en quelque façon la créance.

LXVIII. Nous croïons ordinairement & naturellement ce qui tombe ſous nos ſens, & par la même raiſon ce qui nous paroît en ſonge, lorſque nous ſongeons. On croit encore bien ſouvent les choſes qui ſont répréſentées par des peintures, ou par des diſcours vrai-ſemblables: car nous en concevons des idées à peu près comme ſi elles tomboient ſous nos ſens; & la créance d'un homme en fait naître ſouvent une ſemblable dans l'eſprit d'un autre, lorſqu'il lui repréſente, comme vraie & avec paſſion, la choſe qu'il croit.

LXIX. Il eſt poſſible que les apparences qui nous arrivent en dormant ou dans un délire, ſoient auſſi fortes & auſſi claires que celles qui procédent des veritables ſenſations; & qu'on croïe avoir ſongé ce qu'on a vû, & avoir vû ce qui a paru en ſonge.

LXX. La créance peut être contraire aux apparences, & il n'y a rien de ſi peu vrai-ſemblable ou la créance de quelqu'un ne ſe puiſſe naturellement porter: & ce qui a paru vrai aux ſens & à la raiſon, n'eſt pas toûjours cru.

LXXI. Il n'y a rien de ſi mauvais à la plûpart des hommes, où la volonté de quelqu'un ne ſe puiſſe naturellement porter; ni rien de ſi bon que quelqu'un ne puiſſe haïr.

LXXII. Les paſſions d'amour & de haine, & la créance, ſe changent difficilement en leurs contraires; parce qu'un mouvement en empeche un autre; & que lorſque l'imagination eſt accoutumée à recevoir l'idée d'un objet d'une certaine maniére, il eſt difficile de lui imprimer une idée contraire ou diſſemblable pour le même objet.

LXXIII. Celui qui croit être content & heureux, l'eſt, lorſqu'il le croit; & on ne peut l'être, ſi on ne le croit.

LXXIV. Les biens & les maux ne nous touchent pas ſelon la proportion

Digitized by Google

portion de la grandeur des choſes ou des actions qui ſont nos biens & nos maux ; & les petits ſujets de plaiſir & de douleur nous donnent ſouvent autant de plaiſir & de douleur, que les plus grands.

LXXV. Il y a de deux ſortes principales de plaiſir de l'eſprit; ceux de l'honneur, comme d'être loués & aimés, d'être plus parfaits, & d'avoir plus de pouvoir que les autres; & ceux de convenance, comme celui qu'on reçoit de la lecture d'une belle Poëſie, de la vûë d'une maiſon bien faite ſuivant les régles de l'Architecture; c'eſt-à-dire, que notre eſprit ſe plaît principalement à l'honneur qu'on nous rend, & à la convenance, ſymmétrie, ou proportion des choſes. Le deſhonneur, & la diſconvenance ou difformité, ſont les principaux déplaiſir de l'eſprit.

Une même action eſt appellée naturelle, quand elle eſt conſidérée en elle-même ; & morale, entant qu'elle concerne nos mœurs & nos paſſions, & qu'elle ſe rapporte au bien ou au mal que nous recevons, ou que nous faiſons recevoir aux autres : comme, battre quelqu'un, entant qu'on remue le bras, eſt une action naturelle; & entant qu'on veut lui faire du mal & qu'on le frappe, par vengeance ou par quelque autre paſſion, c'eſt un action morale.

LXXVI. Il y a de certaines actions, leſquelles entant que morales nous paroiſſent d'ordinaire avoir de la convenance & être bien faites, & elles ſont eſtimées & louées, ſoit parce qu'elles marquent quelque grandeur & perfection en ceux qui les font, ſoit par quelque intérêt que nous y prenons, ou pour quelque autre cauſe: comme, donner quelque choſe libéralement à un autre qui en a beſoin, defendre les amis à qui on fait injure, rendre à un autre ce qui lui appartient. On appelle ces actions bonnes & vertueuſes; & ceux qui les pratiquent ſouvent, ſont appellés hommes de bien & vertueux, & ils en reçoivent de l'honneur & de l'eſtime.

LXXVII. Il y a des actions morales qui paroiſſent diſconvenantes & difformes, & ſont blâmées, ſoit parce qu'elles font du mal à autrui, auquel nous prenons intérêt, ou parce qu'elles marquent quelque baſſeſſe & imperfection en ceux qui les font : comme, dérober, tuer, s'enivrer. Ces actions, entant que morales, ſont appellées méchantes & vicieuſes; & ceux qui les font, entant qu'ils les font, ſont appellés méchans & vicieux, & ils en reçoivent du blâme.

LXXVIII. Il y a de la difformité ou diſconvenance à manquer à ce qu'on a promis de gré à gré en choſes réciproques.

LXXIX. Il y a de la diſconvenance à rendre le mal pour le bien.

LXXX. La poſſeſſion d'une choſe qui ſert à obtenir un bien, eſt tenue pour un bien: on l'appelle bien utile ou bien d'eſpérance. Ainſi les richeſſes ſont un bien utile & d'eſpérance, parce qu'on eſpére d'obtenir la plûpart des biens par leur moïen: comme, l'honneur, la bonne chére, &c; & cette eſpérance de beaucoup de biens eſt d'ordinaire préférée à tout autre bien particulier.

LXXXI. Les actions vertueuſes, entant qu'elles ont de la convenance, & nous rendent plus parfaits, ſont un bien d'elles-mêmes; & entant qu'elles nous font obtenir les plaiſirs de l'honneur, ou quelques autres biens, elles ſont un bien utile & d'eſpérance.

LXXXII. Lorſqu'une paſſion pour un bien nous a fait perdre un autre bien, ou cauſé un mal; ce bien étant obtenu, la paſſion ceſſe: & la perte de l'autre bien, ou le mal, nous afflige & nous fait blamer la premiére paſſion: on appellera cette triſteſſe, regret ou repentir.

Devoir de convenance eſt celui ſuivant lequel nous faiſons les actions de vertu, & que nous exprimons par de certains principes moraux fondés ſur la convenance: comme, *il faut tenir ce qu'on a promis*; *il ne faut pas faire ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fit.*

Devoir naturel eſt celui ſuivant lequel nous ſuivons notre plus grand bien apparent, ou nous fuïons notre plus grand mal apparent, ſoit que les actions qui font obtenir le bien ou qui font éviter le mal, ſoient diſconvenantes ou non: lequel devoir nous exprimons par ces principes; *il faut ſuivre ce qui nous eſt le meilleur*, *il faut ſuivre notre plus grand bien.*

D'autant qu'il y a diverſes ſortes de biens dont quelques uns ſont incompatibles, car les plaiſirs des ſens ſont ſouvent contraires à ceux de convenance & d'honneur; que de la jouïſſance de l'un ſuit quelquefois la perte de l'autre; que les petits biens font ſouvent naître de grands maux, & les petits maux de grands biens; & qu'une même choſe ou une même action peut cauſer du bien & du mal; que chacun n'eſtime pas également les mêmes biens & les mêmes maux, car les uns aiment plus ardemment l'honneur, & les autres les biens ſenſibles; & qu'une même perſonne, en divers tems, occaſions & diſpoſitions, change d'inclination & de volonté: nous ſommes obligés, pour bien guider nos paſſions, éviter le repentir, & régler les actions qui nous font obtenir les biens & éviter les maux, de nous ſervir des propoſitions appellées vérités morales premiéres, ou principes du devoir, ou maximes de politique, telles que ſont les ſuivantes.

LXXXIII. Il faut faire ce qui eſt le mieux, ou qui nous eſt le meilleur.

LXXXIV. De deux maux dont l'un ou l'autre eſt inévitable, il faut fuir le plus grand.

LXXXV. De deux biens inégaux & incompatibles, il faut choiſir le plus grand, & de deux égaux le plus durable.

LXXXVI. Il ne faut pas que la poſſeſſion d'un petit bien empêche celle d'un plus grand bien, ou cauſe un plus grand mal.

LXXXVII. Il ne faut pas, en recherchant les moïens pour obtenir un bien, perdre le bien-meme.

LXXXVIII. Tout bien qui n'eſt pas contraire à un autre bien, & dont il ne ſuit point de mal, il le faut ſuivre.

LXXXIX. Lorſqu'il y a pluſieurs moïens pour obtenir un bien ou pour éviter un mal, il ne faut pas demeurer long-tems dans l'incertitude du choix, ſi le retardement peut faire perdre le bien, ou rendre le mal inévitable.

XC. Un bien commun n'eſt conſidérable à chaque Particulier, qu'entant qu'il en eſt participant, ou qu'il lui cauſe un autre bien.

XCI. Si deux biens futurs égaux ſont propoſes, il faut ſuivre celui qui le plus vrai-ſemblablement doit arriver.

XCII. Si les poſſibilitez d'un bien ſurpaſſent d'autant celles d'un autre bien, que ſa bonté eſt ſurpaſſée par celle de l'autre, ils ſont également à ſuivre.

XCIII. Si un mal ſurpaſſe d'autant un autre mal, que les poſſibilitez de ce dernier ſurpaſſent celles de l'autre, ils ſont également à éviter.

XCIV. Si pluſieurs biens ſont propoſés d'un côté, & un d'un autre, qui ne ſoit pas plus grand que l'un d'eux, & qu'ils ſoient également poſſibles; il faut ſuivre le plus grand nombre.

XCV. Si pluſieurs maux ſont propoſés d'un côté, & un d'un autre, qui ne ſoit pas plus grand que l'un d'eux; il vaut mieux ſouffrir celui qui eſt ſeul.

Un bien eſt dit égal à un mal, lorſqu'étant joints enſemble, il eſt indifférent de les ſuivre, ou de les fuir.

XCVI. Lorſqu'en une même choſe ou action il y a pluſieurs commoditez, & incommoditez, ou pluſieurs biens & maux, il faut compenſer les biens par des maux égaux; & s'il reſte du bien, il faut ſuivre cette choſe ou cette action; ſi du mal, il la faut fuir.

XCVII. Ce n'eſt pas la grandeur ou le nombre des choſes qu'il faut conſidérer en l'élection des biens & des maux; mais la grandeur des plaiſirs & des douleurs qu'elles nous cauſent.

XCVIII. Si deux biens ſont égaux, dont l'un ſoit preſent, & l'autre à venir; il faut préférer le preſent, à cauſe de l'incertitude de l'avenir.

XCIX. Si d'un bien de peu de durée ſuit néceſſairement un mal qui lui ſoit égal, & d'egale ou plus grande durée, ou un mal médiocre de très-longue durée; il ne faut pas rechercher la poſſeſſion de ce bien, parce que la crainte du mal à venir diminue le bien preſent; & que le bien étant ceſſé, ſa perte nous afflige.

C. Si d'un mal de peu de durée ſuit néceſſairement un bien qui lui ſoit égal, & d'égale ou plus grande durée, ou un bien médiocre de très-longue durée; il faut ſuivre ce mal, s'il ne nous cauſe aucune imperfection, parce que l'eſpérance du bien qui en doit arriver, eſt un bien qui diminue le ſentiment de ce mal; & que le mal étant ceſſé, la mémoire en eſt agréable.

ESSAI
DE
LOGIQUE.

SECONDE PARTIE,
Contenant la méthode qu'il faut ſuivre pour faire de bons raiſonnemens.

ON ſe ſert du raiſonnement, ou pour s'inſtruire ſoi-même, ou pour inſtruire les autres, & refuter leurs fauſſes opinions.

Ceux avec leſquels on raiſonne, ſont; ou des eſprits ſubtils & dociles, qui comprennent facilement les connexitez des propoſitions, & qui ne s'obſtinent point à ſoûtenir un faux raiſonnement; ou des eſprits groſſiers, qui ont peine à comprendre la liaiſon des propoſitions; ou des eſprits contentieux & préoccupés de fauſſes opinions, qui conteſtent même les véritez, après qu'elles leur ſont connues. C'eſt ce qu'il faut conſidérer lorſqu'on entreprend de convaincre les uns ou les autres.

Cette ſeconde Partie eſt diviſée en quatre Diſcours.

Le *premier* contient quelques régles pour nous rendre intelligibles dans nos raiſonnemens.

Le *ſecond* contient des préceptes pour chercher & pour trouver les principes & les propoſitions fondamentales qui doivent ſervir à la preuve des propoſitions douteuſes.

Dans le *troiſieme*, on enſeigne à faire les argumens, & comme il faut diſpoſer & mettre en ordre ceux qui peuvent ſervir à l'établiſſement de quelque ſcience.

Et enfin dans le *quatrième*, on donne des régles pour connoître les faux raiſonnemens, & les autres cauſes de nos erreurs, afin de ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

PREMIER DISCOURS.
De ce qu'il faut obſerver pour ſe rendre intelligible.

NOus ſommes obligés, quand nous raiſonnons avec les autres, de leur faire entendre & comprendre nos raiſonnemens.

Nos

Nos raiſonnemens ſont compoſés de diverſes propoſitions, & les propoſitions de divers noms ou mots.

En toute propoſition on attribue une choſe ou une action à une autre choſe, ou l'on nie qu'elle lui convienne: comme, *un homme eſt un animal*; *la ciguë eſt vénimeuſe*; *Pierre ne parle pas*.

Ce qu'on attribue, s'appelle l'attribut de la propoſition; & la choſe à laquelle on l'attribue, s'appelle le ſujet: comme en cette propoſition, *la neige eſt blanche*; la *neige* eſt le ſujet auquel on attribue la blancheur, & la *blancheur* eſt l'attribut. Ce qu'on nie s'appelle auſſi l'attribut de la propoſition: comme en cette propoſition, *Pierre n'eſt pas vertueux*; n'eſt pas *vertueux*, eſt l'attribut.

Les noms de ſujet & d'attribut s'appellent les termes de la propoſition: le ſujet eſt appellé le moindre terme; & l'attribut le plus grand terme, parce qu'il eſt ordinairement le plus univerſel.

Il n'y a point de langage ſi parfait qui n'ait quelques obſcuritez, & quelques mots qui ſont pris en des ſignifications différentes, ou qui ne ſont pas connus de tous ceux qui uſent de ce langage: c'eſt pourquoi il faut que ceux à qui l'on parle, tâchent de s'accommoder au ſens de celui qui parle, ſuivant la premiére demande; & que celui qui parle ou qui écrit, ne ſe ſerve, s'il ſe peut, que des noms & des façons de parler les plus intelligibles & les plus en uſage.

Ceux qui uſent d'un même langage, prennent à peu près tous les noms & toutes les façons de parler dans un même ſens; parce que dés l'enfance, par un long uſage de voir les choſes en même tems qu'on les nomme, chacun apprend la vraie ſignification des noms dont on ſe ſert pour ſignifier les choſes qui tombent ordinairement ſous nos ſens.

Il y a donc peu de mots qui aient beſoin d'explication; & ceux qui parlent en public des choſes ordinaires, ſont peu ſouvent obligés d'expliquer ce qu'ils entendent par les mots dont ils ſe ſervent. *Euclide* n'a par cru qu'il falût expliquer la ſignification de beaucoup de mots qu'il emploïe: comme, *égal*, *plus grand*, *longueur*, *largeur*, *&c.* Et *Dioſcoride* n'a point dit ce qu'il entendoit par les noms de *feuille*, *fleur*, *racine*, *fruit*, &c.

L'obſcurité des noms procéde, ou de ce qu'un même nom ſignifie des choſes différentes; comme, *mineur* ſignifie un homme qu'on emploïe à faire des mines, ou bien un jeune homme qui n'a pas encore atteint un certain âge: ou de ce que des noms différens ſignifient la même choſe, comme un *aſtre* & une *étoile*; & l'on peut douter ſi c'eſt la même choſe: ou de ce que la choſe qu'on nomme, eſt inconnue, comme lorſque les Géométres parlent des *ellipſes*, des *paraboles*, des *binomes*, &c. à ceux qui ne ſont pas Géométres: ou de ce qu'on donne un nouveau nom à une choſe connue; & l'on peut ignorer que ce nom lui convienne. En tous ces cas, & en quelques autres où l'on peut ſe tromper en la ſignification d'un mot, ou d'une manière de parler; il

eſt

eſt preſque toûjours néceſſaire que celui qui parle ou qui écrit, explique & donne à connoître quelles ſont les choſes ſignifiées par les noms dont il ſe ſert, en ſorte qu'on puiſſe diſtinguer ces choſes des autres, & qu'on n'en conçoive pas d'autres au lieu d'elles.

La propoſition qui ſe fait pour donner à connoître quelle choſe eſt ſignifiée par le nom ou mot dont on ſe ſert, eſt ici appellée définition; & elle conſiſte à faire connoître cette choſe par le moïen d'autres noms, qui la faſſent diſtinguer de toute autre choſe, & deſquels la ſignification ſoit connue à ceux à qui l'on parle.

Pour bien faire une définition, il faut ſe régler par les demandes première & troiſième, & par les propoſitions 8, 31, 32, 33, & par celles qui ſont entre la 31 & la 32, & entre la 32 & la 33.

Si l'on pouvoit faire tomber ſous les ſens les choſes ſenſibles inconnues, & dont les noms ſont inconnus, les définitions de ces choſes ne ſeroient pas néceſſaires, parce qu'on ſçauroit de quelle choſe on voudroit parler. Mais pour les intellectuelles, dont l'exactitude ne peut être jugée par les ſens: comme, *un cercle*, *une ligne droite*, *une ellipſe*, *&c.* il faut de néceſſité les définir, & même les faire voir, en même tems, décrites & figurées de telle ſorte qu'elles puiſſent être conçûes: comme, pour donner à peu près l'idée de la ligne droite, on ſe ſervira d'un fil de ſoie fort delié, & bandé fermement de bas en haut; & pour faire connoître ce que c'eſt qu'un cercle, on en décrira un avec un compas. On fera de même à l'égard des plantes & des animaux inconnus; c'eſt-à-dire, qu'il en faut donner la peinture, en même tems qu'on les donne à connoître par le diſcours.

Il y a néceſſairement des noms de choſes qu'on ne doit point entreprendre de définir, de même qu'il eſt néceſſaire qu'il y ait des noms dont on ne puiſſe donner l'étymologie; autrement on iroit à l'infini: comme, ſi on avoit defini un animal, *un corps ſenſible*, & qu'on demandât, *qu'eſt-ce qu'être ſenſible?* on auroit de la peine à l'expliquer autrement que par des noms de même ſignification. Il y a beaucoup de premiers noms dont la ſignification s'apprend par l'uſage, c'eſt-à-dire, en nommant & faiſant tomber en même tems ſous les ſens la choſe nommée; c'eſt pourquoi ces noms ſont comme les principes des définitions. Ainſi c'eſt mal à propos que quelques-uns veulent définir & expliquer tous les noms dont ils ſe ſervent; & que d'autres blament l'uſage des définitions, diſant que, ſi, par exemple, on a défini l'homme, un animal raiſonnable, on eſt plus en peine qu'auparavant, puiſqu'il faut définir enſuite, *animal* & *raiſonnable*: car il n'eſt pas néceſſaire d'expliquer la ſignification des premiers noms par d'autres; & la définition qu'on feroit d'une choſe fort commune & très-connue, en donneroit une idée moins claire que celle qu'on en a par l'uſage.

Les choſes qui ont des noms communs de ſubſtance, ſe doivent définir par un nom de genre le moins commun, & par un nom de qualité eſſen-

eſſentielle ou propre, qui ne convienne à aucune autre choſe ; c'eſt une des plus importantes régles de la définition. Ainſi, lorſque pour définir un triangle, on dit, *un triangle eſt une figure compriſe entre trois côtez*: le nom de *figure* eſt le nom de genre; & avoir *trois côtez*, eſt la qualité eſſentielle, qu'on appelle autrement différence eſſentielle. Tous ces termes ſont connus; car s'ils étoient inconnus, on contreviendroit au huitième principe.

AUTRE EXEMPLE DE DÉFINITION.

L'*Eléphant eſt un animal à quatre pieds, le plus grand de tous*: être le plus grand de tous les animaux à quatre pieds, eſt une différence qui diſtingue l'éléphant des autres animaux: animal à quatre pieds, eſt le nom de genre le moins commun; car qui diroit ſeulement animal, ne diſtingueroit pas aſſez. On ne peut pas auſſi définir en diſant, *c'eſt une choſe*; car le nom de choſe comprend tout, & ne diſtingue rien: & lorſqu'on emploïe le nom de genre dans une définition, ce n'eſt pas à cauſe qu'il contient pluſieurs eſpéces; mais parce qu'il fait diſtinguer d'abord la choſe définie, de celles qui ne ſont pas de même genre.

Que ſi le nom de qualité propre ou eſſentielle eſt inconnu, il faut faire entrer en la définition pluſieurs noms de qualitez accidentelles, qui toutes enſemble ne conviennent qu'à la choſe dont on veut expliquer le nom.

EXEMPLE.

LE *Houx eſt un arbriſſeau qui a les feuilles larges, piquantes, & vertes en tout tems, & le fruit petit & rouge*: arbriſſeau eſt le nom de genre le moins commun: avoir les feuilles piquantes, eſt commun au genévre, &c; les avoir larges, au chêne, &c; vertes en tout tems, au laurier, &c; le fruit petit & rouge, à beaucoup d'autres plantes: mais toutes ces qualitez enſemble ne conviennent qu'au houx. C'eſt de cette ſorte que *Dioſcoride* a défini les plantes, deſquelles il dit enſuite les propriétez & les vertus. Ainſi les *Platoniciens* définiſſoient l'homme, un animal à deux pieds, ſans plumes, aux ongles larges, &c.

Que ſi l'on découvre un autre arbriſſeau que le houx, qui ait les feuilles larges, piquantes, vertes en tout tems, &c; il faudra ajoûter quelque choſe à la définition du houx, ſoit à l'égard de la racine ou des fleurs, &c.

Il faut prendre garde de ne point mettre pluſieurs termes en la définition, de la compatibilité deſquels on pourroit douter: comme, il ne faut pas mettre en la définition du diamétre du cercle, que c'eſt une ligne droite qui paſſant par le centre, & ſe terminant à la circonféren-

Digitized by Google

ce, la coupe en deux également; mais ſeulement, qui paſſant par le centre ſe termine à la circonférence, ou bien que c'eſt une ligne qui diviſe le cercle en deux parties égales.

Que ſi ce que l'on veut définir n'a point de nom de genre, & qu'on ne puiſſe bien donner à connoître quelqu'une de ſes qualitez propres; il faut le définir par induction ou exemple, qui eſt la façon dont on apprend par uſage la ſignification des noms. Les définitions qui ont été données en la première Partie, de la ſubſtance, de la qualité, de la nature, ſont de cette ſorte: Ou bien il le faut définir par quelques-unes de ſes circonſtances, cauſes ou effets, ou même par des noms de même ſignification: comme, *Le lieu eſt l'eſpace qui eſt occupé, ou qui peut être occupé par un corps: Le lieu eſt l'eſpace où eſt ſitué un corps au reſpect des autres corps qui l'environnent: La ligne droite eſt celle qui s'étend également ou uniment entre ſes points*, c'eſt-à-dire, *qui s'étendant d'un point à un autre, ne s'écarte ni d'un côté ni d'un autre*, c'eſt-à-dire, *qui eſt droite: Le tems eſt la meſure de la durée des choſes ou de leurs mouvemens*; & réciproquement *le mouvement eſt la meſure du tems.*

Les qualitez préciſes ſont ſouvent difficiles à définir, ſi on ne nomme les ſubſtances où elles ſont. Ainſi, on ne peut définir la rougeur du pavôt, ou celle de la roſe, ſans nommer ces ſubſtances; c'eſt par cette raiſon qu'on dit, couleur de feu, couleur de ceriſe, &c. odeur de muſc, odeur de roſe, &c.

Il faut que dans la définition, le terme qui eſt le ſujet de la propoſition, puiſſe devenir l'attribut: comme, cette définition, *un triangle eſt une figure compriſe entre trois côtez*, peut être changée en celle-ci *une figure compriſe entre trois côtez eſt un triangle*; parce qu'un triangle & une figure compriſe entre trois côtez, ſignifient la même choſe.

Les choſes viſibles ſont mieux diſtinguées par la figure, que par toute autre qualité: & ſi on vouloit définir un cheval en un païs où l'on n'en a jamais vû, en cette ſorte, *un cheval eſt un animal qui hennit*, la définition ſeroit inutile; car le henniſſement ſeroit une choſe également inconnue.

Quelques-uns appellent deſcription, la définition par la figure, & nient que ce ſoit une définition. Cependant les Geométres ont appellé définitions, les deſcriptions du quarré, du triangle, de la ſphére, &c. & il y a beaucoup de choſes dont la figure ou l'uſage eſt la qualité eſſentielle: comme une table, une ſcie, un marteau; c'eſt pourquoi il faut les définir par la deſcription de leur figure, ou par leur uſage, & même quelquefois par leur matière.

On définit quelquefois un Particulier dans ſon nom d'individu s'il en a un, par ſon nom d'eſpéce: comme, *Alexandre eſt un homme, Bucéphale eſt un cheval, &c;* mais ces définitions ſont imparfaites.

Les définitions ne ſont pas que les choſes ſoient; car pour dire, une chimére eſt un tel animal, un cercle eſt une telle figure, il ne s'enſuit pas

Digitized by Google

pas qu'il y ait dans la nature une chimére ou un cercle : mais ſuppoſant que ces choſes ſoient, ou qu'on puiſſe les faire telles qu'elles ſont définies, on leur donne le nom. D'où il s'enſuit, que les définitions ne peuvent être fauſſes quand on uſe de ce mot, *j'appelle* : mais le nom peut être donné mal à propos, comme ſi *Apollonius* avoit appellé ellipſe, ce qu'il appelle parabole ; & même quand les choſes ont des noms communs & en uſage, il ne faut pas témérairement les changer, ni donner aux noms une autre ſignification que celle qui eſt en uſage. Que ſi on veut parler de quelque choſe nouvelle, & qui n'a jamais été connue, laquelle par conſéquent n'a point de nom : comme lorſque les Chymiſtes découvrent dans leurs opérations quelque choſe extraordinaire & nouvelle ; il ne faut point lui donner un nom qui ſerve déja à une autre choſe, mais il en faut inventer un nouveau : tels ſont ces noms inventés par quelques Chymiſtes, Alcaheſt, Blas, Gas, Athanor, &c ; ou bien il faut ajoûter quelque épithéte au nom qui ſert à une autre choſe, comme, *Poulle de Barbarie*, *Aconit de l'Amérique*, *&c.*

La plûpart de ces régles ne ſont pas abſolument néceſſaires, même celle qui preſcrit qu'il faut définir les choſes qui ont un nom obſcur. Ceux qui ſont capables d'inventer de nouvelles ſciences, n'ignorent pas qu'il faut expliquer les noms nouveaux ou obſcurs dont ils ſe ſervent, & ils peuvent aſſez facilement donner à connoître ce qu'ils entendent par ces noms : car enfin, il n'importe pas beaucoup de quelle façon les définitions ſoient faites, pourvû qu'elles nous faſſent concevoir une idée des choſes définies aſſez diſtincte pour n'en pas concevoir d'autres au lieu d'elles : & le plus ſouvent les régles trop générales, comme celle-ci, *Il faut que toute définition ſoit compoſée de genre & de différence*, ne font qu'embaraſſer : & lorſqu'on veut les pratiquer exactement, on fait ſouvent des énigmes ; car une énigme n'eſt autre choſe qu'une définition obſcure : comme ſi on demandoit, *qu'eſt-ce que la premiére Entélechie d'un corps organiſé aiant vie par puiſſance ?* On ſeroit fort empêché de le déviner, ſi on ne ſçavoit pas que c'eſt la définition de l'ame, ſelon *Ariſtote*. Ceux-memes qui preſcrivent cette régle générale, en peuvent difficilement donner d'autre exemple dans les choſes ſenſibles, que celle-ci, *l'homme eſt un animal raiſonnable* ; encore ne vaudroit-elle rien, s'il étoit vrai que les autres animaux euſſent du raiſonnement, comme quelques-uns l'ont ſoûtenu.

Quelquefois on établit l'exiſtence & les propriétez d'une choſe, & enſuite on lui donne un nom ; ce qui peut être auſſi appellé une définition : comme, lorſqu'aprés avoir établi qu'il y a des propoſitions dont la vérité eſt inconteſtable, on dit qu'elles ſeront appellées des principes de connoiſſance.

L'une des plus importantes régles de la définition eſt, qu'il faut dans la ſuite du raiſonnement s'arréter aux termes de la définition : contre laquelle régle on peut dire qu'*Euclide* a failli, lorſqu'il a dit qu'un cer-

cle ne coupe pas un autre cercle en plus de deux points ; car ſuivant la définition du cercle il devoit dire, la circonférence d'un cercle ne coupe pas celle d'un autre cercle en plus de deux points.

Ce qui donne le plus de peine dans les définitions, eſt que la queſtion *qu'eſt-ce qu'une choſe?* ſe prend en divers ſens : & pour y apporter de l'éclairciſſement, il faut ſuppoſer que nous parlions à un Etranger qui ſçache beaucoup de mots de notre langue, & qui en ignore encore beaucoup. Si cet Etranger voit paſſer un cheval, & qu'il demande quelle bete c'eſt? alors il eſt évident que c'eſt le nom qu'il demande, ſuppoſé qu'il en ait déja vû d'autres ; & on le ſatisfait en lui diſant que cette bête eſt un cheval. Que s'il entend prononcer le mot de cheval, & que ne ſçachant point à quelle choſe on donne ce nom, il demande qu'eſt-ce qu'un cheval? alors il lui faut repondre ſuivant les régles précédentes : comme, *un cheval eſt un animal à quatre pieds, de grande ſtature, qui a la corne du pied ronde, & de grand crins au cou & à la queuë, &c.* Enfin, tant cet Etranger que d'autres qui uſent d'une meme langue que celui à qui ils parlent, en voïant une choſe & ſçachant ſon nom, ne laiſſent pas de demander quelquefois, ce que c'eſt : comme quand on voit l'arc-en-ciel ou une cométe, ou qu'on entend le tonnerre, &c. on ne laiſſe pas de demander qu'eſt-ce que l'arc-en-ciel? qu'eſt-ce que le tonnerre? &c. & alors ce n'eſt pas la ſignification du nom qu'on demande, car on la ſçait ; mais quelles ſont les cauſes de la choſe ſignifiée & quels effets elle peut produire, &c. Or dans les choſes naturelles ou ſurnaturelles, il eſt très-difficile de ſatisfaire à cette queſtion ; & c'eſt ordinairement le ſujet de nos diſputes, & le but & la concluſion de nos raiſonnemens. Ainſi *Ariſtote* a fait trois livres pour tâcher d'expliquer ce que c'eſt que l'ame, ſans y avoir bien réuſſi ; & l'on peut remarquer dans les livres de *Platon*, l'embaras où il ſe met pour faire connoître la nature de l'etre, du non-etre, de la beauté, &c. Même il paroît que le deſſein de ces Philoſophes étoit de pouvoir expliquer la nature & toute l'eſſence d'une choſe en une ſeule propoſition ſemblable aux définitions de Géométrie ; ce qui eſt une erreur manifeſte : car quand les Geométres expliquent ce qu'ils entendent par un nom dont ils ſe ſervent, comme un quarré, un triangle, &c. ils peuvent facilement donner à connoître par la définition, l'eſſence de la choſe à qui ils donnent le nom, à cauſe de ſa ſimplicité : comme, *un quarré eſt une figure compriſe entre quatre côtez égaux, ſe rencontrans à angles droits.* Mais il n'en eſt pas de même des choſes naturelles ou ſurnaturelles, comme de l'ame, de l'arc-en-ciel, du tonnerre, des parélies, &c. parce qu'elles ne dépendent pas de notre imagination, & qu'elles ont ſouvent pluſieurs cauſes ou effets, qu'il eſt impoſſible d'expliquer par une ſeule propoſition. Par exemple, il en faut plus de cinquante tant de Géométrie que d'Optique, pour bien expliquer les cauſes de l'arc-en-ciel, & de ſes couleurs différentes : & quand on pour-

pourroit le faire par une ſeule propoſition, on ne doit pas l'appeller définition, ſi l'on accorde la troiſième demande; puiſque la définition doit précéder le raiſonnement & la diſpute, & que le diſcours ou la propoſition qui doit expliquer parfaitement la nature, les cauſes & les propriétez d'une choſe, ne ſe peut faire qu'après de grandes diſputes & de grands raiſonnemens. Que ſi pourtant on veut l'appeller définition, il ne faut pas la confondre avec l'autre, ſuivant la troiſième demande.

Pour les diſtinguer, nous appellerons la première, la définition qui précéde la diſpute, ou la définition diſtinctive, ou la définition de Logique, telles que ſont les définitions des Mathématiciens: & l'autre, celle qui ſuit la diſpute, & qui en eſt la concluſion; & il ne faut pas ſe mettre en peine de faire cette dernière, quand la première ſuffit. C'eſt de la première qu'on entend parler ici, & dont on a donné les régles.

Il eſt quelquefois néceſſaire pour ſe bien faire entendre, de ſe ſervir de diviſion ou diſtinction. On diviſe, par exemple, un diſcours en deux ou trois points, pour le rendre plus clair, & pour faire qu'on s'en ſouvienne mieux: on diviſe une choſe entière en ſes parties, comme quand on dit qu'un homme eſt compoſé de corps & d'ame: on diviſe un nom équivoque en ſes ſignifications différentes, &c. Les régles qu'on donne pour bien faire une diviſion, ſont peu importantes, & il eſt quelquefois très-difficile de les bien appliquer, & de pouvoir aller juſques au dernier détail des choſes: comme, ſi l'on avoit diviſé les animaux en terreſtres & aquatiques, &c. les terreſtres, en ceux qui marchent, & en ceux qui rampent; il ſeroit comme impoſſible de dire enſuite toutes les eſpéces d'animaux qui marchent ou qui rampent, parce que le nombre en eſt trop grand, & qu'il n'y a perſonne qui les ſçache toutes.

DEUXIÈME DISCOURS,

De l'Invention des Principes.

LEs définitions & les diviſions étant faites, ſi elles ſont néceſſaires, il faut regarder de quel genre eſt la propoſition à prouver, c'eſt-à-dire, ſi elle eſt intellectuelle, ou ſenſible, ou morale; car les principes pour les prouver ſont différens, comme auſſi la façon de les chercher.

Les propoſitions de quelque genre qu'elles ſoient, ſont: ou des théorêmes, qui propoſent quelque choſe à connoître; comme, *Un nombre quarré multipliant un nombre quarré, produit un nombre quarré*; *Le ſoleil eſt plus grand que la terre*; *Il faut ſuivre la vertu*: ou des problêmes, qui propoſent quelque choſe à faire; comme, *décrire un quarré*; *rendre une terre fertile*; *appaiſer une ſédition.*

Les propoſitions intellectuelles ſont ſouvent néceſſaires pour parvenir à la connoiſſance des propoſitions ſenſibles pour leſquelles nous avons de la curioſité, ou deſquelles il nous importe de ſçavoir la vérité: comme, ſi une éclipſe de ſoleil ou de lune, ou l'apparition d'une nouvelle cométe, nous donne de l'étonnement; on ne peut ſçavoir ſi ces choſes nous menacent de quelque malheur ou non, ſans ſçavoir leurs cauſes; & on ne les peut ſçavoir ſans le ſecours de la Géométrie, de l'Arithmétique, & des autres ſciences intellectuelles, par leſquelles nous pouvons ſçavoir les diſtances de ces corps, leurs grandeurs, leurs mouvemens & revolutions. De même, ſi un miroir concave nous fait paroître l'image d'une choſe dans une ſituation renverſée, ſi nous conſidérons l'arc-en- ciel & beaucoup d'autres merveilles de l'art ou de la nature; notre curioſité ne peut être ſatisfaite que par le moïen des mêmes ſciences. Elles peuvent auſſi ſervir pour les propoſitions morales; comme, lorſque pour établir & conſerver la paix entre les hommes, il faut faire le partage des terres & des autres choſes, connoître les limites de ce qui appartient à chaque Particulier, & mettre toutes les choſes en leur juſte proportion. Meme ces ſciences ſont néceſſaires pour inventer pluſieurs choſes utiles à notre vie, ou pour les perfectionner; comme la ſcience de la Navigation, l'Architecture, les lunettes d'approche, & pluſieurs autres choſes qui ſont déja en uſage, ou qui reſtent à inventer. D'où il s'enſuit, que ceux qui font profeſſion d'inſtruire les autres, doivent ſçavoir de néceſſité ces ſciences intellectuelles, du moins leurs propoſitions les plus importantes, & qui ſont le fondement des autres.

Nous diviſerons ce ſecond Diſcours en trois Articles: dans le premier, on donnera des régles pour trouver les principes qui pourront ſervir à la preuve des propoſitions intellectuelles; dans le ſecond, on en donnera pour les principes des propoſitions ſenſibles; & dans le troiſième, pour les principes des propoſitions morales.

ARTICLE PREMIER.

De la Méthode pour trouver les principes des Propoſitions intellectuelles.

LEs propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique ſont des propoſitions intellectuelles, dont nous formons les objets par cette opération de l'eſprit qu'on appelle abſtraction ou ſéparation: comme lorſque nous conſidérons la grandeur & la figure ſans les ſujets où elles ſont; les mouvemens ſans les choſes mûes; les nombres ſans les choſes nombrées; une longueur ſans largeur, qu'on appelle une ligne, que nous concevons auſſi comme l'extrémité d'une ſurface, ſans pénétrer dans la ſur-

ſurface; de même que nous concevons le point comme l'extrémité d'une ligne, ſans pénetrer dans la ligne, & les ſurfaces comme les extrémitez des corps, ſans pénétrer dans les corps: & enſuite nous concevons des lignes droites, des ſurfaces planes, des cubes, des ſphéres,&c.

Nos ſens ne peuvent diſcerner ces objets avec exactitude, & nous ne pouvons nous en former une idee ou image exacte; mais ſeulement nous pouvons les énoncer, & les ſuppoſer comme nous les énonçons.

Les autres propoſitions intellectuelles qu'on appelle ordinairement de Métaphyſique ou ſurnaturelles, ont divers objets; comme l'être en général, la premiére cauſe de l'etre, les idees des choſes, les poſſibilitez intellectuelles, l'infini, &c.

Les propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique ſont: ou véritez premières, que l'on reçoit ſans difficulte par le ſecond principe: ou elles ont beſoin de preuve, & pour les prouver, il faut chercher ſous quels principes elles ſont compriſes, ſoit premiers ou ſeconds, leſquels on pourſa diſcerner s'ils ſe préſentent à l'eſprit, par la faculté naturelle que nous avons de connoître les connexitez des propoſitions entr'elles, & de faire de bons raiſonnemens, comme il a été remarqué dans le quatriéme principe; laquelle faculté ſe perfectionnera par l'uſage des raiſonnemens, & par la connoiſſance des régles ſuivantes.

Il y a des principes ſpeculatifs intellectuels; comme, *les choſes égales à une autre, ſont égales entr'elles*: il y en a d'autres pour les conſtructions des figures. Ces derniers ne ſe démontrent point, non plus que les premiers: mais ils s'établiſſent par la demande qu'on fait que leur poſſiblilité ſoit accordée: comme, *que l'on puiſſe tirer une ligne droite d'un point à un autre point; que l'on puiſſe décrire un cercle, &c.* l'on demande qu'on les accorde; parce qu'on peut les conteſter, & même les nier, à cauſe que nos ſens ne peuvent connoître ſi une ligne eſt parfaitement droite, & que nous ne pouvons diſcerner, ni meme tracer une ligne ſans courbure & ſans largeur, &c. Mais comme nous croïons ces choſes etre poſſibles intellectuellement, & que ce n'eſt que par le défaut de nos ſens & de la matiére, qu'on ne peut les décrire ſenſiblement; on les accorde être poſſibles intellectuellement, ſans prétendre de les faire réellement, ſinon à peu près; & ces demandes accordées ſervent de principes.

*On peut ici remarquer qu'*Euclide *n'a pas prouvé exactement ſa premiére propoſition; car il n'a pas demandé qu'on puiſſe décrire un cercle en un plan donné; ce qui eſt néceſſaire pour faire que les circonférences de deux cercles s'entrecoupent. On peut dire auſſi que les Géométres ont tort de faire ſcrupule d'admettre en un plan la poſſibilité des lignes qui ſe formens par des mouvemens compoſés, ou par des ſections de cones, comme les conchoïdes, les ellipſes, &c; car intellectuellement elles ne ſont pas moins poſſibles que les circonférences des cercles, & que les lignes droites; & ſenſiblement les unes & les autres ſont impoſſibles, ou du moins leur exactitude ne peut être diſcernée.*

On

On peut auſſi faire des demandes pour ſervir de principes ſpéculatifs, quand ce que l'on demande d'être accordé, n'eſt pas auſſi clair & évident que les véritez premières intellectuelles, & qu'il eſt difficile de le prouver par elles, pourvû qu'il ait beaucoup d'évidence, & qu'il ſoit néceſſaire pour la preuve de pluſieurs autres propoſitions, comme les trois demandes qui ſont au commencement de la première Partie de ce Traité. *Archimède*, dans ſes Méchaniques, emploïe pluſieurs demandes de cette nature: comme, *les poids égaux en diſtances inégales peſent inégalement.*

Les régles qu'il faut ſuivre pour les demandes ſont; qu'elles ne ſoient pas très-claires, car on les propoſeroit comme des axiomes ou véritez premières; qu'elles ſoient néceſſaires pour la preuve de ce qu'on entreprend de prouver; & qu'elles ne puiſſent être démontrées, ou du moins que la démonſtration en ſoit très-difficile ou très-obſcure: mais tout ce qui eſt très-clair de ſoi-méme, ou qui peut être aſſez facilement prouvé, ne doit pas être demandé. C'eſt par cette raiſon qu'*Euclide* n'a pas dû faire des demandes de ſa ſeconde propoſition ni de ſa troiſième. Quelques-uns lui objectent mal à propos, qu'il a pris pour axiome ou commune ſentence, le principe dont il ſe ſert pour les lignes paralleles: car ſelon *Proclus*, il l'a mis au nombre des demandes, auſſi-bien que cet autre, *tous les angles droits ſont égaux entr'eux*; & le méme *Proclus* aſſûre que cette derniere propoſition eſt donnée pour exemple de demande par *Ariſtote*.

On peut dire pourtant de celle qui ſert à établir les lignes paralleles, qu'elle eſt défectueuſe, parce qu'on n'a pas appris par les principes & par les définitions qui la précédent, quelle conſequence on peut tirer de ce que deux angles ſont moindres que deux angles droits.

Quelques-uns ont dit que les définitions étoient les ſeuls principes, & que les axiomes-mêmes ou véritez premières ſe devoient prouver par les définitions: comme celle-ci, *le tout eſt plus grand qu'une de ſes parties*, devoit être prouvée par les définitions de tout, de plus grand, de parties, &c. A quoi on peut répondre qu'il n'eſt pas néceſſaire de définir les noms qui ſont très-connus, comme il a été dit ci-devant: & que quand il y auroit un nom obſcur dans une propoſition, la définition qu'on en feroit, ne contribueroit rien ni à la vérité, ni à la fauſſeté de la propoſition; mais ſeulement à faire entendre ſa ſignification; ce qui eſt évident, puiſque les noms ſont arbitraires, & que la vérité des propoſitions ne dépend pas de notre volonté; & qu'encore qu'on n'eût jamais impoſé de noms aux choſes, on ne laiſſeroit pas de connoître certainement qu'une choſe entiére qu'on verroit, excéderoit chacune de ſes parties; & de méme à l'égard des autres véritez premières. Mais ſi la queſtion eſt du nom; comme, ſi l'on propoſe une ligne qui ait les propriétez qu'*Euclide* attribue à une ligne qu'il appelle binome, & qu'on nie que ce ſoit un binome; alors la définition ſera de

Digitized by Google

de principe, mais non de premier principe; car ſi l'on nie qu'*Euclide* ait donné cette définition, le premier principe eſt de la faire lire dans ſon livre des Elémens; de méme, ſi l'on nie qu'une anémone s'appelle une anémone, le premier principe ſera de le faire dire à pluſieurs jardiniers. Par ce moïen on finira les diſputes, où il s'agit ſeulement du nom, en le prouvant par la définition, & la définition par l'induction.

Quelques-uns on dit qu'il faut prouver les principes par d'autres principes, quand ils ont quelque connexité entr'eux, quoiqu'ils ſoient également clairs; ce qui ſeroit abſurde & inutile; car il ne faut pas prouver ce qui n'a pas beſoin de preuve, de meme qu'il ne faut pas chercher le moïen de voir ce qu'on voit déja: & encore qu'il y ait de la connexité entre deux principes, en ſorte que ſi l'un ou l'autre étoit faux, l'autre le ſeroit auſſi; il ne s'enſuit pas qu'il ſoit néceſſaire de les prouver l'un par l'autre.

Pour les autres principes ſpéculatifs qui ſervent à prouver les propoſitions qui ne ſont pas du nom, l'on ne peut donner des régles certaines pour les trouver, non plus que pour faire infailliblement de beaux vers ſur un ſujet donné; car l'un & l'autre dépend principalement de l'adreſſe de l'eſprit de celui qui les cherche, & d'une rencontre de laquelle on ne peut étre aſſûré. Voici une méthode qu'on peut obſerver.

Celui qui entreprend de trouver les principes qui peuvent ſervir à prouver une propoſition de Géométrie, doit ſçavoir pluſieurs de ces principes; & ſi la propoſition en dépend immédiatement, ou qu'elle n'en ſoit pas éloignée, il pourra découvrir les principes ou les propoſitions immédiates, qui peuvent ſervir à ſa preuve avec aſſez de facilité. Comme, ſi on propoſe de prouver qu'une ligne droite comme BD tombant ſur une autre, comme AC, fait les angles de part & d'autre droits ou égaux à deux angles droits: ſi l'on ſçait cette définition, *lorſqu'une ligne droite tombant ſur une autre fait les angles de part & d'autre égaux, on les appelle droits*; & qu'on ſçache auſſi ce principe, *les choſes qui conviennent & s'ajuſtent préciſément entr'elles, ſont égales*: on pourra s'appercevoir que ſi DB n'eſt pas perpendiculaire à AC, & que DE le ſoit; les angles de part & d'autre, EDA, EDC, ſeront droits, ſelon la définition; & que puiſque les deux angles BDA & BDC pris enſemble, conviennent avec les deux droits EDA & EDC joints enſemble, ils leur ſeront égaux. Ainſi cette définition des angles droits, & ce principe, *les choſes qui conviennent entr'elles & s'ajuſtent préciſément l'une à l'autre, ſont égales*, ſerviront pour la preuve de cette propoſition. TAB. XXV. Fig. 1.

Que ſi on demande la preuve de cette propoſition; *lorſque deux lignes droites, comme* AB & CD, *s'entrecoupent au point* E, *les angles oppoſés* AED, CEB *ſont égaux*: on pourra voir, ſi l'on conſidére la propoſition précédente, que CE tombant ſur AB, fait les angles CEA & CEB pris enſemble, égaux à deux angles droits, & que par la méme rai- TAB. XXV. Fig. 2.

raiſon, AE tombant ſur DC, fait les angles AED, AEC, égaux à deux droits; & qu'ainſi ces deux derniers pris enſemble ſont égaux aux deux premiers pris enſemble. Que ſi l'on ſçait le principe, *ſi de choſes égales on ôte des choſes égales, les reſtes ſont égaux*; on pourra connoître que ſi des angles CEA, CEB, & des deux CEA, AED, on ôte l'angle commun CEA, les reſtans CEB, AED ſeront égaux; & que ce principe & la propoſition précédente pourront ſervir pour le prouver.

Mais ſi les propoſitions ſont difficiles à prouver, & qu'on ait de la peine à découvrir quelque connexité entr'elles & les principes premiers ou ſeconds; il faudra tirer une ou pluſieurs nouvelles lignes dans la figure, qui pourront ſervir de moïen pour comparer les autres entr'elles. Comme, ſi aiant propoſé le demi cercle ACB, & aiant tiré à la circonférence les deux lignes AC, BC, on demandoit ſi l'angle ACB eſt droit ou non; il ſeroit très-difficile de le juger, ſans tirer quelque autre ligne du centre D à la circonférence ACB, comme la ligne DC: mais étant tirée, ſi l'on ſçait que les lignes, tirées du centre à la circonférence d'un cercle, ſont égales entr'elles; on pourra voir que les trois lignes DC, DA, DB, ſont égales: & ſi l'on ſçait qu'aux triangles qui ont deux côtez égaux, les angles ſur la baſe ſont égaux; on jugera facilement que les angles DCA & DAC ſur la baſe AC, ſont égaux, & que par la même raiſon, l'angle BCD eſt égal à l'angle CBD. On pourra juger enſuite que les deux angles au point C ſont égaux enſemble aux deux A & B: & ſi l'on ſçait que les trois angles d'un triangle pris enſemble ſont égaux à deux angles droits; on pourra connoître que l'angle ACB ſera droit, puiſqu'il eſt la moitié des trois angles du triangle ACB; & que ces deux propoſitions pourront ſervir à le prouver; ce qu'on n'auroit pu découvrir, ſi on n'avoit tiré la ligne CD, & ſi on n'avoit ſçû ces principes & ces propoſitions.

TAB. XXV. Fig. 3.

Il faut donc, ou par des lignes paralleles, ou par des perpendiculaires, ou par des cercles, &c. tâcher de découvrir quelque connexité de la propoſition avec ce qui nous eſt connu: & ſouvent on pourra y réuſſir, pourvû, comme il a été dit, qu'on ait la connoiſſance de pluſieurs principes reçûs, & de pluſieurs propoſitions prouvées, & quelque uſage du raiſonnement; ou même l'adreſſe d'inventer de nouveaux principes, ſi ceux qui ſont connus & reçûs, ne ſuffiſent pas. Mais il eſt très-difficile d'enſeigner par quelles lignes ou par quelles figures on en pourra venir à bout; ni même, les lignes étant tirées, de donner une méthode infaillible pour voir les conſéquences & la connexité de ce qui eſt propoſé, avec les principes. C'eſt pourquoi *Pythagore*, à ce qu'on dit, fit un ſacrifice aux Muſes, pour avoir trouvé la démonſtration d'une propoſition, en tirant de certaines lignes, reconnoiſſant que ce n'étoit pas l'effet d'une ſcience infaillible, mais de quel

quelque ſorte d'inſpiration divine; de même que les anciens Poëtes rapportoient aux inſpirations des Muſes l'invention de leurs belles Poëſies.

Que ſi la queſtion eſt en nombres, il faut prendre, outre ceux qui ſont propoſés, un ou pluſieurs autres nombres, qui puiſſent ſervir de moïen & de liaiſon pour prouver la propoſition, de même qu'on prend des lignes nouvelles pour les propoſitions de Géométrie: & ſi l'on ſçait beaucoup de principes touchant les nombres, & qu'on ait auſſi l'adreſſe d'en inventer; on pourra ſouvent découvrir ceux qui pourront ſervir à la preuve de la queſtion.

Pour inventer facilement des théorêmes en nombres, on peut ſe ſervir de la méthode ſuivante: Il faut remarquer quelque propriété par induction entre quelques nombres qui ſe trouve auſſi entre d'autres; par où l'on pourra conjecturer que cette propriété s'étendra à tous les nombres de cette nature. Comme, ſi on a remarqué qu'entre les deux quarrez 4 & 9, il y a le nombre 6, qui eſt les deux tiers de 9, de même que 4 eſt les deux tiers de 6; & qu'entre les quarrez 9 & 16 il y a 12, qui eſt les $\frac{3}{4}$ de 16, de même que 9 eſt les $\frac{3}{4}$ de 12: on pourra conjecture qu'il y aura toûjours entre deux nombres quarrez un moïen proportionnel, & que ce moïen proportionnel ſera le produit des racines des deux quarrez; puiſque 6 eſt le produit de 2 & 3, & que 12 l'eſt de 3 & 4. Aiant encore trouvé une ſemblable propriété entre quelques autres quarrez; on aura une opinion vrai-ſemblable qu'entre deux quarrez il y a toûjours un moïen proportionnel, dont on cherchera enſuite la démonſtration.

Quelques-uns ont dit que les choſes étoient bien prouvées, quand elles étoient prouvées par leurs cauſes; ce qui eſt vrai à l'égard des choſes naturelles. Mais à l'égard des propoſitions de Géométrie, ou des autres ſciences intellectuelles, il n'eſt pas néceſſaire de prouver pourquoi la choſe eſt ainſi, mais ſeulement qu'elle eſt ainſi: comme dans la dernière figure ci-deſſus, ce n'eſt pas la ligne C D qui eſt cauſe que l'angle A C B eſt droit; mais elle ſert de moïen pour le faire connoître, & la démonſtration ne laiſſe pas d'être très-évidente. Les principes-mêmes ou véritez premières, ne ſont pas les cauſes des autres véritez; mais elles les font connoître. Ce ſeroit auſſi en vain qu'on voudroit prouver l'exiſtence d'une première cauſe par ſes cauſes, puiſqu'elle n'en a point.

Pour trouver la ſolution des problêmes de Géométrie, & les principes qui ſervent à les conſtruire & à les prouver; il y a une méthode que les Anciens appelloient analyſe, qui eſt de les ſuppoſer faits comme on les demande, & d'examiner enſuite les liaiſons & les conſequences de cette ſuppoſition, juſques à ce qu'on arrive à une choſe qui nous ſoit connue, & qu'on puiſſe faire; & cette dernière choſe ſera le moïen & le principe par lequel on parviendra à la ſolution de ce qui ſera propoſé.

EXEMPLE.

TAB. XXV. Fig. 4. ON propoſe de former ſur la ligne AB un triangle équilatéral, c'eſt à-dire, qui ait les trois côtez egaux. Il faut le ſuppoſer fait; c'eſt-à-dire, qu'il faut tirer deux autres lignes à un point comme C, par exemple, AC, BC, les ſuppoſant égales entr'elles, & à AB, car cela étant, le triangle ſeroit équilatéral. Or, ſi l'on ſçait que toutes les lignes, tirées d'un même centre à une même circonférence, ſont égales; & qu'on demeure d'accord qu'on puiſſe faire un cercle du point B comme centre, & du demi diamétre BA; on pourra juger que ſi on le fait, ſa circonférence paſſera par le point C. Par la même raiſon ſi on fait un autre cercle de même grandeur, dont le centre ſoit A, ſa circonférence paſſera auſſi par le point C; autrement les lignes BA, BC, & AB, AC, ne ſeroient pas égales. Ainſi les deux cercles ſe couperont en C. Or cela étant certain, & la façon dont on peut décrire ces cercles nous étant connue, on jugera que, ſi ſans avoir tiré les deux lignes, ni pris le point C, on fait deux cercles des deux extrémitez A & B comme centres, & de l'intervalle AB; & que du point où les circonférences s'entrecouperont comme C, on tire deux lignes aux extrémitez A & B; chacune de ces lignes ſera égale à AB; & que la définition du cercle; & la deſcription des deux, ACD, BCE, ſeront les principes de la preuve de l'égalité des deux lignes AC, CB avec AB: & l'on pourra juger que les lignes AC, CB, ſont égales entr'elles, puiſque l'une & l'autre eſt égale à AB, ſi l'on ſçait ce principe, *les choſes égales à une autre, ſont égales entr'elles*; & ce principe ſervira pour le prouver; d'où l'on connoîtra que le triangle eſt équilatéral.

On appelle ſynthèſe ou compoſition, la conſtruction de la figure, & le raiſonnement qui ſe fait enſuite de l'analyſe. On peut, ſi l'on veut, appeller toute l'opération, analyſe: & alors elle aura trois parties; la zététique, ou recherche de ce qui peut etre connu; la conſtruction de la figure; & la démonſtration.

Que ſi l'on trouve qu'il y ait quelque liaiſon & connexité de ce qu'on ſuppoſe fait, avec une fauſſeté première; le problème ſera impoſſible, & on le prouvera impoſſible par cette fauſſeté.

Lorſque les problèmes ſont éloignés des premiers principes, ils ſont beaucoup plus difficiles. Néanmoins par la même méthode, on peut ſouvent trouver leur ſolution, en tirant des lignes nouvelles, &c. Il y en a des exemples dans les livres de Géométrie.

Pour les problémes des nombres; comme, *trouver un nombre quarré égal à la ſomme de deux autres nombres quarrez*, on ſuppoſe que les nombres que l'on cherche, ſont trouvés, & on les marque par des lettres, ſuivant la méthode expliquée ci-devant, tant les connus que les inconnus,

mus, du moins les inconnus. On en fait enſuite l'analyſe, c'eſt-à-dire, on en conſidére les conſéquences juſques à ce qu'on parvienne à une choſe qui ſoit connue, par le moïen de laquelle on donnera la ſolution du probléme avec aſſez de facilité.

On peut encore ſe ſervir pour la ſolution des problêmes en nombres, de la méthode qui a été expliquée pour les théoremes ; qui eſt de remarquer quelque propriété en quelques nombres, par laquelle on puiſſe réſoudre ce qui eſt propoſé. Comme, ſi on ſçait que lorſque le quarré d'un nombre eſt égal à la ſomme des quarrez de deux autres nombres, ces trois nombres s'appellent un triangle rectangle en nombres ; & qu'on propoſe pour probleme de trouver un certain nombre de ces triangles rectangles, comme quatre ou cinq, &c ; aprés avoir trouvé par hazard ou autrement un de ces triangles, comme 3, 4, 5 ; car 25 quarré de 5 eſt égal à 16 & 9 enſemble, qui ſont les quarrez de 4 & de 3 : on pourra remarquer que le plus grand nombre 5 eſt compoſé de deux quarrez, ſçavoir 4 & 1, dont 2 & 1 ſont les racines ; que 3 eſt la différence de ces mêmes quarrez ; & que le troiſiéme nombre 4 eſt le double du produit de ces deux racines 1 & 2. Enſuite de cette remarque, on pourra prendre deux autres nombres, comme 3 & 2 : & aprés avoir conſidéré que 13 eſt la ſomme des quarrez de ces deux nombres, & que 5 eſt la différence des mêmes quarrez, on verra que ſi on ôte de 169 quarré de 13, 25 quarré de 5, il reſtera 144, qui eſt auſſi un nombre quarré, dont la racine eſt 12 ; & par conſéquent que 13, 12, & 5 ſont un triangle rectangle en nombres, & que 12 eſt le double du produit des racines 2 & 3. On fera encore de ſemblables remarques en deux autres nombres comme 2 & 5 ; & l'on trouvera que 29 ſomme de leurs quarrez, 21 différence des mêmes quarrez, & 20 double de leur produit, eſt auſſi un triangle rectangle ; car le quarré de 29, qui eſt 841, eſt égal à la ſomme de 400 & de 441 quarrez de 20 & de 21 : d'où l'on pourra conjecturer que cette régle eſt générale, & que par ſon moïen on trouvera tant de triangles rectangles qu'on voudra. On cherchera enſuite les principes, pour faire la démonſtration de cette régle.

De même, ſi l'on remarque qu'aux triangles 3. 4. 5, & 20. 21. 29, les deux moindres côtez ont l'unité pour différence ; & qu'on propoſe de trouver une régle pour faire d'autres triangles rectangles à l'infini, qui aient la même propriété ; on pourra conſidérer le rapport qu'ont les deux nombres 2 & 5, qui ſervent à faire le triangle 20, 21, 29 aux deux 1 & 2, qui ſervent à faire le triangle 3, 4, 5 ; & on pourra prendre garde que le plus grand des deux nombres 1 & 2 eſt égal au moindre des deux autres 2 & 5, & que 5 eſt égal à la ſomme des deux 1 & 2 plus le même nombre 2. Enſuite on pourra prendre, ſuivant la même régle, 5 & 12, le moindre deſquels eſt égal au plus grand des deux 2 & 5, & 12 eſt égal à la ſomme des mêmes 2 & 5, plus le même nombre 5.

Après avoir fait par le moïen de ces deux nombres 5 & 12, ſuivant la régle ci-deſſus, le triangle 169, 120, 119; & avoir remarqué que les moindres côtez 120 & 119, ont auſſi l'unité pour différence; on aura une opinion vrai-ſemblable que cette progreſſion s'étend à l'infini. On prendra enſuite d'autres nombres ſelon la même progreſſion, comme 12 & 29, 29 & 70, 70 & 169, 169 & 408, &c: & ſi on remarque que ces nombres pris de deux en deux, ſervent à faire des triangles rectangles qui ont encore cette propriété, ſçavoir que leurs deux moindres côtez ont l'unité pour différence; on cherchera les principes pour faire la démonſtration de cette regle, ſuivant ce qui a été enſeigné ci-devant; & ſi on les trouve, & que par leur moïen on puiſſe prouver l'infaillibilité de cette regle, on aura trouvé la ſolution du problème.

On pourra encore remarquer que dans le triangle 13, 12, & 5, qui eſt fait par 2 & 3, le nombre 7 eſt la différence des deux côtez; & que 3 & 8 qui viennent de 2 & 3, ſuivant la même régle de progreſſion, font le triangle 73, 55, 48, qui a le même nombre 7 pour la différence de ſes deux moindres côtez; & que la même propriété ſe trouve dans pluſieurs autres nombres de la même progreſſion, comme 8. 19, 19. 46, &c. D'où l'on pourra conjecturer que cette régle eſt univerſelle; c'eſt-à-dire, que ſi l'on prend deux nombres quels qu'ils ſoient, dont on faſſe une progreſſion ſelon la régle ci-deſſus; la même différence qui ſe trouvera entre les deux moindres côtez du triangle qui ſera fait par les deux premiers nombres de la progreſſion, ſe trouvera auſſi entre les deux moindres côtez de tous les autres triangles faits par deux autres nombres de la même progreſſion. Et après qu'on aura remarqué cette propriété par pluſieurs autres exemples, & même que dans la ſuite de ces triangles, les côtez qui ſont la différence des deux quarrez, ſurpaſſent, & ſont ſurpaſſés alternativement par les autres côtez, on cherchera les principes pour en faire une démonſtration univerſelle. Cette méthode eſt fort utile pour trouver pluſieurs propriétez admirables & ſurprenantes dans les nombres, qu'on pourra propoſer comme des théorêmes, ou comme des problémes; mais, parce que le plus ſouvent ce ne ſont que de vaines curioſitez, il ne faut pas beaucoup s'y arrêter.

Il y a encore une autre méthode fort commode pour trouver la ſolution des problémes, tant d'Arithmétique que de Géométrie, même des plus difficiles: on l'appelle vulgairement Algébre ou Analyſe algébrique. Elle conſiſte principalement en deux choſes.

La *premiére* eſt, que pour exprimer la plûpart des raiſonnemens, & des opérations qu'il faut faire pour parvenir à la ſolution des queſtions, on ſe ſert, outre les lettres de l'alphabet, & les caractéres de l'Arithmétique commune, de pluſieurs autres notes & caractéres: comme + pour ſignifier plus; — pour ſignifier moins; A^1, A^2, A^4, pour ſignifier A quarré, A cube, A quarré quarré; AB, pour ſignifier le produit de A par B; $\frac{A}{B}$ pour ſignifier le quotient de A diviſé par B; = pour ſignifier

Digitized by Google

gnifier égalité, comme A = B — C ſignifie A égal à B moins C; & pour ſignifier que deux grandeurs ont entre elles un même rapport que deux autres, on les note ainſi, A | B || C | D; ce qui donne à connoître que A à un même rapport à B, que C à D, &c.

La *ſeconde* & la plus importante eſt, qu'après avoir exprimé par quelques-unes de ces notes ou par quelques autres, les grandeus connues & inconnues, qui peuvent ſervir à réſoudre le probleme; on le ſuppoſe fait, comme en l'analyſe dont il eſt parlé ci-devant; & l'on en tire des conſéquences, en comparant enſemble les grandeurs exprimées par ces diverſes notes, en conſidérant les rapports qu'elles ont les unes avec les autres, en les ajoûtant enſemble, ou en les ôtant les unes des autres, &c. ſelon les conditions de la queſtion, juſques à ce qu'on trouve une égalité entre deux grandeurs exprimées diverſement, dont l'une ſoit l'inconnue, ou ſon quarré, ou ſon cube, &c. & l'autre, celle qui eſt connue, ou ſa moitié, &c. par le moïen de laquelle égalité, & de certaines régles que cette méthode enſeigne, on découvre quelle eſt cette grandeur inconnue; & l'on réſout enſuite le problême.

Les principes dont on ſe ſert le plus ordinairement en Algébre, ſont les quatre ſuivans: *Si de choſes égales on ôte des choſes égales, les reſtes ſont égaux: Si à des choſes égales on ajoûte des choſes égales, les tous ſont égaux: Les produits des grandeurs égales multipliées par un même nombre, ſont égaux: Les quotiens des grandeurs égales diviſées par un même nombre, ſont égaux.*

EXEMPLES DE L'ANALYSE ALGE'BRIQUE.

PREMIER EXEMPLE.

ON demande deux nombres tels que le moindre étant ajoûté à 10, la ſomme ſoit égale au plus grand; & le même nombre 10 étant ajoûté au plus grand, la ſomme ſoit triple du moindre.

Pour réſoudre cette queſtion ou probléme, on pourra poſer une lettre comme A, pour le moindre nombre, & y ajoûtant 10, la ſomme ſera A plus 10, qu'on note ainſi A † 10: & parce que ſuivant la premiére condition du problême, cette ſomme doit être égale au plus grand des deux nombres; on pourra conclure que ce plus grand nombre ſera A † 10. Si on lui ajoûte 10, la ſomme ſera A † 20, qui doit être triple du moindre nombre A, & par conſéquent égale à 3 A; d'où l'on pourra connoître qu'il y aura égalité entre 3 A, & A † 20; & qu'ôtant un A de part & d'autre, les reſtes 2 A, & 20, ſeront encore égaux. Enfin l'on pourra juger qu'il y a égalité entre leurs moitiez A & 10, & que le nombre qu'on avoit poſé être A, eſt 10; ce qui réſout la queſtion; car l'autre nombre qu'on avoit trouvé être A † 10, ſera

ſera 20, & ces deux nombres 10 & 20 ſatisfont au problême.

On peut trouver la ſolution de ce problême, & de quelques autres ſemblables, par la ſimple analyſe, en ne ſe ſervant point de la note †, ni d'aucune autre, à la réſerve des lettres de l'alphabet, & des caractéres de l'Arithmétique commune: mais pour en trouver la ſolution par la pure analyſe algébrique, il faut, au lieu d'exprimer le raiſonnement par de longs diſcours, y emploïer pluſieurs notes algébriques; ce qu'on n'a point obſervé exactement dans cet exemple, ni dans les ſuivans, de crainte d'être trop obſcur.

AUTRE EXEMPLE DE L'ANALYSE ALGEBRIQUE.

ON demande deux nombres, dont la ſomme & le produit ſoient des nombres égaux.

On peut réſoudre ce problême par deux manières: la premiére eſt, de poſer une lettre comme A pour un des nombres; & pour l'autre, quelque nombre comme 4: la ſeconde eſt, de poſer une lettre pour chaque nombre.

Par la premiére manière on pourra raiſonner ainſi: Soit 4 l'un des nombres, & A l'autre; donc, ſuivant la condition du problême, leur produit 4 A ſera égal à leur ſomme 4 † A: & ſi l'on ôte de part & d'autre un A, il y aura encore égalité entre les reſtes 3 A & 4; donc le nombre qu'on a poſé A ſera $\frac{4}{3}$; qui eſt le quotient de 4 diviſé par 3. Par conſéquent les deux nombres cherchés ſont 4 & $\frac{4}{3}$, qui ſatisfont à la queſtion.

Par l'autre manière, on pourra raiſonner ainſi: Soient A & B les deux nombres; donc leur produit AB ſera égal à leur ſomme A † B: & ſi on les diviſe par B, il y aura encore égalité entre la fraction $\frac{A+B}{B}$ & A (A eſt le quotient de AB diviſé par B). Mais $\frac{B}{B}$ eſt égal à l'unité, comme $\frac{3}{3}$ ou $\frac{4}{4}$. Donc au lieu de mettre $\frac{A+B}{B}$ on peut mettre $\frac{A}{B}$ † 1, qui ſera auſſi égal à A; & ôtant l'unité de part & d'autre, $A - 1 = \frac{A}{B}$; & les multipliant tous deux par B, les produits $AB - 1B$ & A ſeront encore égaux (A eſt le produit de $\frac{A}{B}$ par B, comme 3 eſt le produit de $\frac{1}{4}$ par 4); & ſi l'on diviſe ces deux produits par $A - 1$, les quotiens B & $\frac{A}{A-1}$ ſeront égaux, & par cette raiſon l'on mettra $\frac{A}{A-1}$ au lieu de B; ce qui pourra faire connoître que la queſtion ſera réſolue; car les deux nombres qu'on avoit notés A & B étant réduits à A & $\frac{A}{A-1}$, on verra facilement que quelque nombre qu'on prenne pour A, comme 6; A—1 ſera 5, & $\frac{A}{A-1}$ ſera $\frac{6}{5}$: & que ſi A eſt 2, les deux nombres

Digitized by Google

bres ſeront 2 & $\frac{2}{1}$, dont le dernier vaut auſſi 2; & que ces nombres ſatisfont à la queſtion, de même que 3 & $\frac{3}{2}$, 4 & $\frac{4}{3}$, & ainſi à l'infini, en prenant tel nombre qu'on voudra pour A; & par conſéquent que la ſolution de ce problême ſera univerſelle.

EXEMPLE D'UN PROBLÈME DE GÉOMÉTRIE.

UNe ligne étant donnée comme AB, on demande qu'on la diviſe en deux parties inégales, comme au point C, en ſorte que cette ligne étant continuée directement en BD, & BD étant égale à BC, le quarré de la partie AC ſoit égal au rectangle ou produit de la partie BC, & de la toute AD. TAB. XXV, Fig 5.

Pour réſoudre ce problême, on peut poſer la lettre *a* pour la ligne donnée AB, & *b* pour BC ou BD: & ſuppoſant que C eſt le point qu'on cherche; pour ne pas mettre trop de lettres différentes, on notera AC par $a-b$, & AD par $a+b$, & l'on pourra raiſonner ainſi. Le quarré de $a-b$, ſelon le calcul algébrique, eſt a^2+b^2-2ab; & le rectangle de $a+b$ par b, eſt $bb+ab$; donc, ſuivant la condition du problème, il y a égalité entre ces deux grandeurs: & ſi on ôte b^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre a^2-2ab, & ab; & ajoûtant $2ab$ de part & d'autre, il y aura encore égalité entre a^2 & $3ab$; & par cette égalité, on pourra remarquer qu'il eſt néceſſaire que $3a$ ſoit à a, comme a eſt ab, ſi on ſçait que lorſque trois grandeurs ſont à continuellement proportionnelles, le quarré de la moïenne eſt égal au rectangle des deux extrêmes, puiſque le produit des deux extrêmes $3a$ & b eſt égal au quarré de la moïenne a; & l'on conclura que comme $3a$ eſt triple de a, a doit être triple de b; d'où l'on pourra juger que ſi l'on prend le tiers de la ligne donnée AB, qu'on a notée par la lettre a, & que BC ſoit ce tiers, on aura trouvé le point requis qui eſt C, & qu'on aura ſatisfait à l'analyſe du problème, dont on pourra donner enſuite la ſynthéſe ou compoſition, c'eſt-à-dire, la conſtruction & la démonſtration, ſi on ſçait les premiers élémens de Géométrie.

Quelques-uns appellent Algébre numérique, celle où l'on ſe ſert des caractéres des nombres, comme 3, 4, 5, &c; & Algébre ſpécieuſe, celle où l'on ſe ſert ſeulement des lettres de l'alphabet, & de quelques autres notes, pour exprimer les grandeurs connues & inconnues. Mais cette diſtinction n'eſt pas néceſſaire: car on peut ſe ſervir indifféremment de toutes les notes qui ſont les plus commodes, comme on le peut juger par le premier exemple; car ſi on avoit mis une lettre comme B au lieu du nombre 10, l'opération auroit été plus longue & plus obſcure. On voit auſſi dans le troiſiéme problême, qu'encore qu'il ſoit de Géométrie, & qu'on ait mis des lettres pour les grandeurs connues & inconnues, on n'a pas laiſſé de ſe ſervir du nombre 3. Tout

ce qu'on peut obſerver, eſt de ne point poſer un nombre détermine pour un nombre inconnu: car il arriveroit ſouvent que ce ſeroit une fauſſe poſition, par laquelle on ne pourroit réſoudre le problême; au lieu que poſant des lettres, on ne poſe jamais rien de faux.

On voit dans *Diophante* & dans d'autres Auteurs, beaucoup d'exemples de ces fauſſes poſitions, qui ne ſont pas pourtant inutiles; car elles leur ſervent enſuite à connoître quels nombres ou lettres ils doivent poſer dans la ſeconde opération. On peut remarquer auſſi que la premiére manière du ſecond problême ci-deſſus, où l'on a poſé 4 pour un nombre inconnu, donne une ſolution plus courte & plus aiſée que la deuxième manière, où l'on a poſé A & B pour les deux nombres; mais cette dernière eſt plus belle, & donne une ſolution univerſelle.

Il y a un défaut en cette méthode, qui eſt qu'on ne ſçait pas bien quand il faut multiplier ou diviſer les grandeurs, ni par quelle quantité on les doit multiplier ou diviſer, & que ce n'eſt que par conjecture qu'on le découvre; mais l'uſage facilite ces opérations, & l'on rencontre aſſez ſouvent la plus courte voie.

Il eſt à remarquer que la plûpart des opérations de l'Algébre ſont fondées ſur des propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique; & que par conſéquent on ne peut pas démontrer par ces opérations, les mêmes propoſitions qui leur ont ſervi de preuve, car on contreviendroit au principe 8. En voici un exemple. On trouve par le calcul de l'Algébre, que le quarré de A—B eſt $A^2 + B^2 - 2AB$, & l'on prend dans ce calcul B^2 pour le produit de —B par —B, c'eſt-à-dire, de moins B par moins B; ce qui eſt fort ſurprenant; car il paroît d'abord que ce produit devroit être plûtôt—B^2 que $+B^2$. Quelques-uns diſent que cela procéde de ce que deux négations valent une affirmation; mais c'eſt une régle de Grammaire, qui eſt même fauſſe dans la Grammaire françoiſe; & dans ce calcul on ne nie point, mais on multiplie. D'autres diſent, que moins moins vaut autant que plus plus; ce qui eſt inconcevable, bien loin d'etre clair & évident. Il eſt donc néceſſaire de prouver la bonté de cette opération, puiſqu'elle ne s'établit pas d'elle-méme. La preuve s'en fait par la ſeptiéme du ſecond des *Elémens d'Euclide*, où il eſt démontré que ſi une ligne eſt diviſée en deux parties, le quarré de la ligne entiére, plus le quarre d'une des parties, eſt égal au quarré de l'autre partie, plus deux fois le rectangle de la toute par la partie premiérement priſe: car il eſt facile de connoître par cette propoſition, que ſi A eſt la ligne entiére, & B une de ſes parties, le quarré de l'autre partie qui eſt A—B, ſera égal au quarré de la toute A, moins deux fois AB, plus le quarré de l'autre partie B; & que c'eſt la raiſon pour laquelle il faut prendre B^2 pour le produit de—B par —B; car en ôtant deux fois AB du quarré de A, ce qui reſte, eſt moindre que le quarré de A—B, & la différence eſt le quarré de B, lequel par conſéquent y doit être ajoûté; d'où il eſt évident qu'on ne doit

doit pas entreprendre de prouver par ce calcul cette même propoſition ſeptième, puiſque c'eſt par elle qu'on a établi la bonté de ce calcul.

Lorſque les problêmes, tant de Géométrie que d'Arithmétique, ſont fort difficiles; on emploïe encore d'autres notes & d'autres opérations beaucoup plus malaiſées à comprendre que celles dont on a donné des exemples; & l'on a beaucoup plus de peine à trouver les égalitez, & à les réſoudre. On en pourra voir des exemples dans pluſieurs livres qui traitent de cette Analyſe algébrique; mais les difficultez qu'on trouvera à bien apprendre toutes les régles de cette méthode, pourront faire douter ſi l'utilité n'eſt pas moindre que la peine, du moins dans les queſtions très-difficiles, qui ſont ordinairement les plus inutiles.

Pour les autres propoſitions intellectuelles, qu'on appelle ſurnaturelles ou de Métaphyſique, il eſt difficile d'y raiſonner: car nous connoiſſons peu de principes qui y puiſſent ſervir, & nous ne pouvons former une idée exacte de l'infini, de l'éternité, &c. mais ſeulement par quelque rapport aux choſes ſenſibles & finies; & tout ce qu'on y peut obſerver, eſt de prendre garde que ce qu'on en dira, n'ait point de connexité avec des fauſſetez premières.

ARTICLE II.

De la façon de trouver les principes pour les Propoſitions ſenſibles.

LE premier principe & le plus univerſel pour les choſes ſenſibles eſt la ſeconde demande: car ſi l'on refuſe de l'accorder, on ne peut plus rien aſſûrer de ce qui tombe ſous nos ſens; & ce ſeroit en vain qu'on chercheroit les cauſes des choſes naturelles, & les principes pour les prouver, ſi on croïoit qu'il n'y eût aucune choſe naturelle. On a fait une demande de cette propoſition, ſuivant la régle expliquée en l'Article précédent; parce qu'il eſt impoſſible ou très-difficile de la démontrer, & parce que quelques Philoſophes ont fait profeſſion d'en douter. Les cauſes de leurs doutes étoient que lorſque nous dormons, il nous paroît ſouvent que nous faiſons quelques actions, & que nous voïons beaucoup de choſes différentes entr'elles, de la même maniére que quand nous ſommes éveillés: d'où ils concluoient que, puiſqu'on ne peut être aſſûré s'il y a des objets réels dans quelques-unes de ces apparences plûtôt que dans les autres, & que ces apparences étant ſouvent contraires les unes aux autres, il y en a quelques-unes néceſſairement fauſſes; il étoit impoſſible d'être aſſûré qu'il y en eût aucunes de véritables.

La difficulté ou impoſſibilité de démontrer cette ſeconde demande procéde de ce que les principes ſenſibles n'y peuvent ſervir, puiſqu'elle-

même eſt néceſſaire pour les établir: & de ce qu'on ne peut énoncer les principes intellectuels, comme, *le tout eſt plus grand qu'une de ſes parties*, ſans qu'on la ſuppoſe ; puiſqu'on ne doit parler affirmativement ni de tout, ni de parties, ni de grandeur, s'il n'y a aucune réalité dans tout ce qui nous paroît. C'eſt pourquoi, ſi un eſprit contentieux ſoûtient que toutes nos apparences n'ont point d'objet réel, que nous n'avons aucun corps, &c. il ne faut plus diſputer contre lui: car ſi même on lui mettoit la main dans le feu, il pourroit dire qu'il auroit l'apparence d'être brûlé, & de ſouffrir la douleur de la brûlure ; mais qu'il n'y auroit aucun objet réel de ces apparences. Et quand on lui objecteroit, qu'en ſoûtenant que cette demande ne doit pas être accordée, il fait une action, & qu'il croit qu'elle a été écrite ou énoncée par quelqu'un ; il pourroit auſſi dire qu'il en a eu ſeulement les apparences. Auſſi n'eſt-ce pas par raiſonnement que nous croïons l'exiſtence des choſes qui nous paroiſſent ; mais parce que nous ſommes naturellement diſpoſés à croire leur exiſtence avec une très-grande certitude, lorſqu'elles nous paroiſſent, comme il a été dit en la ſoixante-huitiéme propoſition: & l'on n'a pas raiſon de conclure que toutes nos apparences ſoient fauſſes, parce qu'il y en a quelques-unes de fauſſes ; mais on doit plûtôt dire, que nous n'aurions pas ces fauſſes apparences, ſi nous n'avions pas eu auparavant de véritables perceptions de quelques choſes réelles & réellement exiſtentes, dont l'impreſſion ſe renouvelle quelquefois en nous, en l'abſence des objets, & en dormant.

Il n'eſt pas néceſſaire de ſe mettre en peine de prouver cette ſeconde demande ; puiſqu'elle eſt reçûe naturellement de tous les hommes avec une telle certitude, que ceux-mêmes qui la veulent nier, témoignent, en la niant, qu'ils la croient, tant par l'ardeur de leurs diſcours, que par d'autres marques qui font connoître qu'ils croient parler & être écoutés.

Il ne faut pas auſſi s'étonner de ce qu'en ſongeant nous croïons que ce qui nous paroît, a une exiſtence réelle ; puiſque les ſonges étant une imitation des apparences des choſes réelles, il ſe fait auſſi en ſongeant un mouvement de créance de ces fauſſes apparences, ſemblable à celui qu'on a eu des apparences des choſes réelles, comme il a été dit en la même propoſition ſoixante-huitiéme. Enfin, ſi nous poſons pour hypothèſe cette ſucceſſion d'apparences du veiller & du dormir, dont les premières ont des objets preſens, & les autres non ; nous ne trouvons jamais rien qui contrevienne à cette hypothèſe, & par le principe cinquante-troiſiéme, nous la devons recevoir, puiſque la poſant pour véritable, nous pouvons rendre raiſon de nos apparences, & même en prévoir la plûpart.

Le ſecond principe qu'il faut recevoir, & ſans lequel on ne peut établir les ſciences naturelles, eſt le quarante-troiſiéme : car les principes d'expérience ne peuvent être reçûs, ſi l'on n'eſt aſſûré d'avoir fait les

Digitized

les expériences ſur leſquelles ils ſont fondés; & l'on ne peut être aſſûré de les avoir faites, ſi l'on n'a des marques & des régles pour pouvoir faire diſtinction entre les apparences des ſonges, & les véritables perceptions des objets.

La régle qu'on donne en ce quarante-troiſième principe, pour faire cette diſtinction, eſt fondée ſur ce que d'ordinaire les apparences que nous avons en ſongeant, ſont incompatibles, & n'ont aucune liaiſon entr'elles; ce qui fait qu'on les rejette comme fauſſes, lorſqu'on eſt éveillé; & les enfans qui au commencement croient leurs ſonges, ceſſent de les croire après avoir remarqué pluſieurs fois, que leurs apparences ſont contraires à celles qu'ils ont étant éveillés, & qu'elles n'ont point de liaiſon entr'elles-mêmes.

On a mis cette propoſition dans le rang de celles qui concernent la vrai-ſemblance conformément à la propoſition trente-ſixième, parce qu'on ne peut ſçavoir avec une certitude infaillible, s'il n'eſt pas poſſible, du moins intellectuellement, que les apparences de quelques-uns de nos ſonges durent long-tems, & qu'elles aient une parfaite liaiſon entr'elles: car meme nous pouvons ſonger qu'on nous ſoûtient que nous dormons, & que nous nous éveillerons bien-tôt, de même qu'on peut nous le ſoûtenir lorſque nous ſommes éveillés; d'où il s'enſuit que ſi l'on dit à un homme éveillé qu'il eſt en délire, ou qu'il fait un ſonge, il ne peut pas prouver avec une certitude invincible qu'il ſoit éveillé, & qu'il ait l'eſprit bien diſpoſé; quoiqu'il le doive croire, ſi toutes les choſes qu'il remarque, ſont ſelon la ſuite des cauſes & des effets naturels. Ainſi lorſqu'il eſt nuit, & qu'il connoît les étoiles, leurs ſituations & leurs mouvemens, & qu'il voit ces choſes de la manière qu'elles doivent être, qu'il voit tous les meubles qui doivent être en une chambre dans leur diſpoſition ordinaire, & ainſi de pluſieurs autres objets; il doit croire qu'il eſt éveillé, & que ces étoiles & meubles ſont des choſes réelles qui exiſtent véritablement hors de lui; & c'eſt la plus grande certitude que nous puiſſions avoir pour les choſes ſenſibles.

Que ſi un eſprit contentieux ſoûtient que nous devons ſuſpendre notre jugement, & demeurer toûjours dans le doute, puiſqu'on n'a pas une conviction entière; on lui répondra que cette incertitude ſeroit très-incommode, puiſqu'il faudroit toûjours combattre notre propre créance, & parler contre notre ſentiment naturel: & puiſque dans nos ſonges-mêmes nous ne ſuſpendons pas notre jugement, du moins très-rarement; nous le devons bien moins ſuſpendre, quand nous croïons être éveillés. Auſſi n'en peut-il arriver aucun inconvénient; puiſque ſi quelques-unes de ces apparences étoient des ſonges, nous ceſſerions de les croire lorſque nous ſerions éveillés, & nous ne nous en ſervirions point pour établir les ſciences.

Nous avons encore une marque très-conſidérable pour diſtinguer ſuffiſamment les apparences des ſonges, de celles que nous avons étant éveil-

éveillés; qui eſt, qu'en nous éveillant, nous pouvons faire d'abord réflexion ſur les fauſſes apparences que nous venons d'avoir, & en conſidérer le détail; mais quand il nous arrive de ſonger pendant la nuit, nous ne repaſſons pas dans notre penſée, ou du moins très-rarement, le détail de ce qui nous a paru tout le jour, juſques au moment que nous nous ſommes endormis: & par cette différence, nous devons juger que nous ſommes véritablement éveillés, quand nous pouvons faire réflexion ſur le détail de ce qui nous a paru pendant le tems de cinq ou ſix jours de ſuite.

La ſeconde demande & le quarante-troiſième principe étant accordés, il faut conſidérer ſi les propoſitions ſenſibles ſont des véritez premières ſenſibles, ou non. Si elles ſont des véritez premières ſenſibles, on les reçoit ſans difficulté, ſelon les principes 13, 14, 15; comme, la propoſition, *le feu eſt chaud*, ſera reçûe pour vraie par ceux qui le touchent, dans le ſens du principe quatorzième. Mais ſi la ſubſtance ou la qualité ne tombe pas ſous les ſens, on tâchera de la prouver par induction, c'eſt-à-dire, en la faiſant tomber ſous les ſens, ſelon le principe neuvième; car par ce moïen, on fait que la queſtion propoſée devient vérité première ſenſible, & il ne faut point chercher d'autres principes pour la prouver. Que ſi la queſtion eſt du nom, comme, ſçavoir ſi l'effet que le feu fait en nous, s'appelle chaleur; la définition ſera le principe; & le premier principe ſera de le demander aux autres hommes qui parlent ce langage; ce qui eſt auſſi une preuve par induction; & il ſuffira que pluſieurs l'aſſurent, & qu'aucun ne le contrediſe. Que ſi l'on ne peut pas prouver une propoſition ſenſible douteuſe par induction, il faut chercher des principes qui puiſſent ſervir à ſa preuve; mais on ne peut donner des régles certaines & infaillibles pour les trouver. Voici une méthode dont on pourra ſe ſervir:

Si la queſtion ſe fait pour l'exécution de quelque choſe qu'on ne puiſſe différer, on pourra ſe contenter des principes de vrai-ſemblance, depuis le quarante-troiſième juſques au cinquante-troiſième. Car, par exemple, il ne faut pas attendre qu'on ait décidé avec exactitude, lequel eſt le meilleur de tous les remédes pour un malade qu'il faut promptement guérir, avant que de lui en appliquer un; parce que le mal pourroit s'augmenter pendant la diſpute, & l'on contreviendroit au principe quatre-vingt-neuvième. Mais, lorſqu'on veut établir un ſcience, comme la Médecine, la Muſique, &c. il faut que les principes dont on veut ſe ſervir, aient une entière certitude, du moins une très-grande vrai-ſemblance.

Les propoſitions qui peuvent ſervir de principes dans les choſes ſenſibles, ſont intellectuelles ou ſenſibles.

Les propoſitions intellectuelles ſervent à la preuve des ſenſibles, en les ajuſtant à la matière par un retour, comme on a formé les objets intellectuels par abſtraction. Ainſi, pour rendre raiſon des effets de la

vûë

vûë & de la lumière, on prend pour principes les propoſitions de Géométrie concernant les angles, les cercles, les ſphéres, les ſections coniques, & les autres figures, ſelon qu'on juge qu'elles y peuvent ſervir. Comme, pour prouver pourquoi dans les miroirs plans l'image paroît auſſi enfoncée dans le miroir que l'objet en eſt eloigné; on pourra décrire une figure, en laquelle une ligne comme A B repréſentera le miroir, & C & G les deux yeux. Après, on examinera la queſtion par les maximes naturelles connues, comme, *l'angle de réflexion des rayons eſt egal à celui de leur incidence*: & ſuppoſant des angles égaux au point E, ſçavoir D E A, C E B, & D H A, G H B, au point H; on pourra voir que le rayon D E ſe réfléchira en E C, & le rayon D H en H G. Enſuite par le moïen de quelques autres maximes naturelles, ou principes d'expérience, ſi on les ſçait, on pourra connoître que l'objet D paroîtra à l'œil qui eſt en C, dans la ligne C E F, & à l'autre œil qui eſt en G dans la ligne G H F; & par conſéquent qu'il paroîtra au point F où ces lignes ſe coupent. Et ſi l'on a appris les premières propoſitions de Géométrie, on ſçaura, en tirant D A F perpendiculaire à E A, que A F eſt égale à D A; & l'on jugera que l'on pourra ſe ſervir de ces principes de Géométrie & d'Optique, &c. pour le prouver, & que ſans ces principes on n'en pourroit faire la preuve, ni rendre raiſon de cette apparence. On fera de même à l'égard de pluſieurs autres propoſitions ſenſibles douteuſes. TAB. XXV. Fig. 6.

Les principes ſenſibles pour prouver les queſtions naturelles ſont les maximes naturelles fondées ſur les expériences ou véritez premières ſenſibles, ſelon les principes 11, 12, 18, 49 & 50: comme, *Les poids égaux en diſtances inégales peſent inégalement: Les rayons qui paſſent obliquement d'un milieu tranſparent, en un autre de différente tranſparence, font une inflexion, & ne vont plus ſelon les mêmes lignes droites: L'angle de réflexion des rayons eſt égal à celui de leur incidence: La lumière s'étend en lignes droites par un même milieu tranſparent.* Plus on ſçaura de ces maximes, plus on ſera capable de rendre raiſon des effets naturelles.

Pour parvenir à la connoiſſance de ces maximes naturelles ou principes d'expérience, il faut faire pluſieurs obſervations exactes: comme, pour les peſanteurs, on ſuſpendra quelque corps à un fil en diverſes poſitions, & ſi l'on remarque à peu près que la rectitude du fil, tirant au centre de la terre, paſſe toûjours par un même point, on pourra nommer ce point centre de peſanteur, & inférer ſuivant la propoſition dix-huitiéme, (qu'on ſuppoſe en tous les principes d'expérience,) qu'il y a un tel centre en chaque corps; ce que l'on prouvera, ſi l'on peut, par d'autres principes; & ainſi l'on trouvera les autres maximes naturelles, telles que ſont les ſuivantes.

MAXI-

MAXIMES OU REGLES NATURELLES, OU PRINCIPES D'EXPE'RIENCE.

LA nature ne fait rien de rien, & la matière ne ſe perd point.

Il n'eſt point de matière ſans quelques qualitez apparentes ou réelles.

La vûë ſe fait ſelon des lignes droites.

Le fer ſe meut vers l'aimant.

L'air ſe dilate par la chaleur, & ſe preſſe par la diminution de la chaleur, & par violence.

Le frottement ou froiſſement des corps ſolides les échauffe.

Les rayons lumineux, pénétrant obliquement de l'air dans l'eau ou dans le verre, prennent diverſes couleurs.

Quoiqu'on ne ſçache pas les cauſes de ces effets, on ne laiſſera pas de ſe ſervir de ces propoſitions pour en prouver d'autres, & de les prendre pour principes, juſques à ce qu'on en ait découvert les véritables cauſes, ſelon les propoſitions 49 & 50: mais il faut que ces véritables cauſes ſoient parfaitement prouvées, autrement on ne doit pas les recevoir. Il faut auſſi remarquer qu'on ne peut prouver un effet naturel par les ſeuls principes intellectuels, ſi ce n'eſt lorſque tout eſt égal de part & d'autre; car en ce cas l'expérience n'eſt pas néceſſaire: comme, cette demande d'Archiméde, *les poids égaux en diſtances égales péſent également*, peut paſſer pour un principe intellectuel; car où prendroit-on l'inégalité, & d'où pourroit-elle proceder, puiſque tout eſt pareil de part & d'autre? Mais cette autre demande, *les poids égaux en diſtances inégales péſent inégalement*, a beſoin d'expérience.

Pour les problémes des choſes naturelles & ſenſibles; comme *élever un arbre*, *conſerver les fruits*, *faire diſcerner un objet de fort loin*, *trouver la diſtance d'un objet inacceſſible*; on ſe ſert des théorémes ou des problémes de Mathematique, & des maximes naturelles qui nous peuvent faire connoître les cauſes & les effets qu'on nous demande. Comme, pour parvenir à l'exécution de ce problême, *diſcerner un objet de fort loin*; on pourra juger que les objets ſont diſcernés, quand ils portent beaucoup de lumiére à l'œil, & que leur image eſt grande ſur les nerfs de la vûë: il faut donc chercher à amplifier l'image de l'objet; ce que l'on pourra faire, ſi l'on ſçait les principes de l'Optique, & les propriétez des verres ſphériques convexes & concaves. On pourra trouver auſſi par les mêmes principes, les moyens d'augmenter dans l'œil la lumiére d'un objet éloigné; ce qui ſervira à l'exécution de ce problême. De même, pour ce problême, *meſurer la continence d'un eſpace ſuperficiel de terre*, on applique les principes de Géométrie ſenſiblement, en faiſant des angles avec des inſtrumens de bois ou de cuivre, en tirant des lignes droites, ſoit avec un cordeau ou autrement; & ajuſtant les véritez in-

Digitized by Google

intellectuelles à la matière & aux ſens, le plus exactement qu'il ſera poſſible, on pourra ſatisfaire ſuffiſamment à ce problême, & de même à l'égard de pluſieurs autres.

La plûpart des queſtions ſenſibles & naturelles, & les plus ordinaires ſont; *ſi une choſe eſt; quelle elle eſt; quelles qualitez elle a; quelles ſont ſes cauſes & ſes effets; comment elle agit, & reçoit les actions des autres choſes?*

Lorſque l'on demande ſi une choſe eſt, comme, ſi ce que nous appellons le ſoleil, eſt une choſe qui exiſte véritablement; les principes pour le connoître & pour le prouver, ſont la troiſième demande, & le principe quarante-troiſième.

Lorſque l'on demande, ſi une choſe eſt une telle ſubſtance, ou une telle qualité; ſi la queſtion eſt du nom, l'on y ſatisfera ſuivant les préceptes ci-deſſus; ſi elle eſt de la choſe, on ſe ſervira des principes 13, 14 & 15.

On demande quelquefois, ce qu'une choſe eſt en elle-même; mais il eſt preſque toûjours impoſſible de ſatisfaire à cette demande. Car, puiſque nous ne connoiſſons les choſes naturelles que par les effets qu'elles font en nous, ou ſur les autres choſes; ou par les effets que nous faiſons en elles, ou qui ſont faits en elles par d'autres choſes; & que les effets ne ſe font que ſelon le rapport que les choſes ont les unes aux autres: il eſt évident que nous ne pouvons ſçavoir ce qu'elles ſont en elles-mêmes, & qu'il ſuffit de connoître ce qu'elles ſont à notre égard, & par rapport aux autres choſes.

La queſtion, ſi une ſubſtance a telles qualitez, ſe peut prouver par les principes 13, 14, 29, 30 & 31: mais il faut prendre garde de ne point confondre les qualitez apparentes avec les réelles. Ainſi, la peſanteur ſera priſe plûtôt pour un mouvement vers la maſſe de la terre, ou pour quelque impulſion, que pour une qualité qui ſoit dans le corps peſant. La lumière ſera priſe pour un effet que l'œil reçoit du corps lumineux, qui le fait paroître lumineux. L'humidité ou moiteur qu'on donne à l'eau, ſera priſe pour une viſcoſité, qui fait qu'elle s'attache aux corps qu'elle touche, d'où ils ſont dits être mouillés, c'eſt-à-dire, pleins d'une partie de l'eau qui s'y eſt attachée.

La queſtion, pourquoi une choſe eſt, a deux ſignifications: car, ou l'on demande à quoi elle ſert, ou quelles ſont ſes cauſes agiſſantes ou efficientes. Dans le premier ſens, il faut conſidérer de quelle utilité eſt cette choſe, & quels effets elle produit dans les choſes naturelles: comme, ſi l'on demandoit pourquoi il fait chaud en Eté; on regardera l'utilité de la chaleur, comme, de meurir les fruits, de faire croître les arbres, &c.

Pour les cauſes efficientes, leur exiſtence ſe prouve par leurs effets, & l'exiſtence des effets ſe prouve par leurs cauſes; le feu prouve l'exiſtence de la chaleur, & la chaleur l'exiſtence du feu ou du ſoleil, ou du mouvement, &c. Le principe qu'on y peut emploïer le plus ſou-

vent, eſt l'onzième: comme, ſi l'on demande pourquoi il fait chaud en Eté, on pourra remarquer que les rayons du ſoleil ſont plus à plomb, qu'ils paſſent par un moindre eſpace d'air groſſier, & qu'ils demeurent plus long-tems ſur l'horiſon. Les autres principes pour ſatisfaire aux queſtions des cauſes efficientes, ſont les 18, 23, 27, 47, 48 & 49, & les maximes naturelles reçûes ſelon la propoſition 50, telles que ſont celles ci-deſſus.

Il faut prendre garde quand on demande la cauſe d'un effet qui eſt reconnu étre la cauſe d'un autre effet, de n'en point donner de cauſes incertaines, comme il a été remarqué dans le principe quarante-neuviéme. Ainſi, ſi l'on demande pourquoi la lumière s'étend en lignes droites dans un méme milieu; il ſuffira de dire, que c'eſt une loi de la nature que la lumière s'étende en lignes droites par un méme milieu tranſparent: & on la pourra tenir pour une cauſe première naturelle, ſuivant le principe vingt-quatriéme, juſques à ce qu'on en découvre une autre dont elle dépende, & par laquelle elle puiſſe étre expliquée.

Pour ce qui eſt de ſçavoir comment une choſe agit, & reçoit les actions externes; il faut, par le moïen de ſes diverſes apparences, établir un ſyſteme, ou en faire l'hypothèſe, c'eſt-à-dire, ſuppoſer un état de la choſe, auquel toutes les apparences puiſſent convenir; ou du moins qu'on n'en connoiſſe point qui y répugne, ſuivant le principe cinquante-troiſiéme: & ces ſyſtémes ſuppoſés ſerviront auſſi à prouver, au moins vrai-ſemblablement, les cauſes agiſſantes & les effets. Quoiqu'on ne ſoit pas aſſûré de la vérité d'un ſyſtème, on ne laiſſera pas de s'en ſervir, ſi l'on peut expliquer & prévoir par ſon moïen les effets qu'il eſt important de ſçavoir. Ainſi l'on peut ſe ſervir du ſyſtême de *Ptolomée* pour le mouvement des arſtes, ſoit qu'il ſoit vrai ou faux; puiſqu'il nous peut faire prédire les éclipſes du ſoleil & de la lune.

Il y a ſix cauſes principales du peu de progrès qu'on a fait juſques à preſent dans la ſcience des choſes naturelles.

La premiére eſt, que nos ſens ne nous repréſentent pas les choſes telles qu'elles ſont en elles-mémes; mais telles qu'elles ſont à notre égard, ſuivant le principe vingt-cinquiéme. Par cette raiſon l'on ne peut établir par l'attouchement les limites de ce qu'on doit appeller chaud ou froid; & l'on ſe trompe en jugeant que les caves profondes ſont plus chaudes en Hiver qu'en Eté. On peut méme croire qu'il y a pluſieurs qualitez dans les ſubſtances naturelles que nous ne pouvons connoître, parce qu'elles n'ont point de rapport à aucun de nos ſens.

La ſeconde eſt, que la plûpart des Sçavans ſont prévenus de pluſieurs fauſſes opinions qu'ils ont reçûes des autres, ou qu'ils ont fondées ſur de fauſſes apparences, ou ſur de faux raiſonnemens. Celui qui a dit ou qui a écrit ſes ſentimens ſur quelques points de la Phyſique, fera rarement de bonne foi les expériences qui paroîtront contraires à ce qu'il aura

aura soûtenu; & il tâchera de faire convenir à ses hypothèses tous les effets qu'il découvrira. Celui qui croit qu'un Auteur a mieux expliqué que les autres quelques effets particuliers, en tire d'ordinaire cette conséquence, qu'il explique mieux que les autres, tous les autres effets.

La troisième est, que plusieurs Philosophes s'attachent avec un grand soin à chercher les causes des principes d'expérience, quoiqu'ils soient suffisans pour expliquer beaucoup d'effets naturels selon la proposition quarante-neuvième; au lieu d'en tirer plusieurs belles conséquences, & d'imiter en cela les Géométres, qui ne cherchent point à prouver les premiers principes dont ils se servent, mais qui s'attachent à en tirer toûjours de nouvelles conséquences.

La quatrième est, que lorsque quelqu'un veut prouver par écrit quelques propositions touchant les causes de quelques effets, il ne peut faire voir sur le papier les expériences sur lesquelles il a fondé ses raisonnemens; & même ces expériences sont souvent très-difficiles, tant pour la dépense, que pour le travail & l'exactitude; ce qui est cause qu'on néglige de les faire pour s'en assûrer; & qu'ensuite on les nie témérairement, ou bien on les reçoit mal à propos.

La cinquième est, que la plûpart des Philosophes veûlent rendre raison de tout, & que sans examiner toutes les apparences, & faire les expériences nécessaires, ils fondent témérairement leurs hypothèses sur les premiers effets qu'ils apperçoivent; d'où il arrive que la plûpart de ces hypothèses étant insuffisantes, ils tâchent vainement d'expliquer par elles les autres effets qui ont quelque rapport à ces premiers.

La sixième est, que pour rendre raison des choses naturelles, on se contente souvent d'en chercher une seule cause; & toutesfois, pour l'ordinaire, il y en a plusieurs qui concourent à la production d'un effet, & y contribuent diversement; d'où il suit qu'il est impossible de bien expliquer la plûpart des effets, puisqu'on ignore la plûpart de leurs causes; & qu'il est difficile de ne les pas ignorer, puisqu'on ne les cherche point. Ainsi quelques Philosophes se sont contentés, pour expliquer les mouvemens qui arrivent aux corps durs égaux ou inégaux, après s'etre choqués avec des vitesses égales ou inégales, de poser pour hypothèse, que la quantité de mouvement ne s'augmente point, & ne se diminue point dans la nature. Or pour faire voir l'insuffisance de cette hypothèse, & pour donner en même tems un modéle de ce qu'il faut observer, pour rechercher & pouvoir découvrir ensuite les différentes causes des effets naturels; on pourra se servir de l'exemple suivant.

Exemple de ce qu'il faut obſerver pour la recherche des Cauſes naturelles.

ON reconnoît par l'expérience, que ſi on prend deux boules d'yvoire, dont l'une péſe trois fois autant que l'autre, & qu'on les ſuſpende à deux filets de même longueur, en ſorte que leurs centres étant à même hauteur, elles ſe touchent ſans s'appuïer l'une ſur l'autre; & qu'aiant élevé la moindre à une certaine hauteur, comme, par exemple, à un arc de cercle de vingt degrez, on la laiſſe aller contre l'autre directement; la plus groſſe après le choc s'élévera à la hauteur de dix degrez à peu près, & la petite retournera en arrière à une pareille hauteur de dix degrez: & ſi étant toutes deux à une hauteur de dix degrez, on les laiſſe aller en même tems l'une contre l'autre, en ſorte qu'elles ſe choquent directement avec des viteſſes égales; la plus groſſe demeurera en repos après le choc, & la petite retournera en arrière juſques à la hauteur de vingt degrez à peu près. On demande pourquoi ces mouvemens ſe font de cette ſorte, & comment on peut les expliquer?

Pour y parvenir, il faut commencer par pluſieurs expériences ſur des boules molles de terre glaiſe, de mêmes poids, & de poids différens; & on pourra remarquer que leur enfoncement ſera egal, ſoit qu'elles ſe rencontrent après avoir été élevées toutes deux de part & d'autre à la hauteur de dix degrez, ou qu'une ſeule ait été élevée à vingt degrez: & ſi on ſçait ce que *Galilée* a écrit ſur le mouvement accéleré des corps qui tombent, & qu'enſuite on ait connu que la viteſſe qu'un corps acquiert en tombant par un arc de 20 degrez, eſt double, à fort peu près, de la viteſſe qu'il acquiert en tombant par un arc de dix degrez; on pourra juger *qu'il ſe fait un même effort, ſoit qu'un corps avec une certaine viteſſe en rencontre un autre directement, ſoit qu'ils ſe rencontrent aiant chacun la moitié de cette viteſſe*; ce qu'on pourra prendre pour un principe d'expérience, ou loi de nature.

On pourra auſſi remarquer deux autres principes, en faiſant pluſieurs autres expériences avec ces boules molles: ſçavoir, que *lorſqu'un corps en rencontre directement un autre en repos, & ſe joint à lui; la même quantité de mouvement qu'avoit le premier, eſt dans les deux corps après le choc*: & que *s'ils vont l'un contre l'autre, & que leurs quantitez de mouvemens ſoient inegales; la moindre ſe perdra entièrement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps n'auront enſemble que la quantité de mouvement reſtante.* Mais il faudra avoir defini auparavant que la quantité de mouvement d'un corps eſt le produit du nombre qui exprime ſon poids, par le nombre qui exprime ſa viteſſe.

Après

Après avoir bien examiné la vérité de ces trois principes, il faudra enſuite reconnoître que les corps durs, comme l'yvoire, le marbe, le jaſpe, le verre, &c. ont une vertu de reſſort, comme les ballons pleins d'air bien preſſé, c'eſt-à-dire, qu'ils s'enfoncent un peu par le choc, & qu'ils reprennent enſuite leur première figure, & qu'en la reprenant, ils ſe repouſſent l'un l'autre; ce qu'on pourra juger en laiſſant tomber d'environ un pied de hauteur une petite boule de jaſpe ou d'acier ſur une enclume, ou ſur une raquette bien affermie ſur une table ou ſur un plancher; car on verra remonter la petite boule à la même hauteur à peu près. D'où l'on pourra tirer ce quatrième principe, que *lorſqu'un corps inébranlable, & aiant reſſort, a été enfoncé par le choc d'un autre, il repouſſe ce corps par la vertu de ſon reſſort, & lui redonne une viteſſe pareille à celle qu'il avoit immédiatement avant le choc.* On pourra encore frotter legerement avec quelque graiſſe, une petite enclume bien polie & bien trempée, & après l'avoir un peu eſſuïée avec la main, laiſſer tomber deſſus, de diverſes hauteurs, une boule d'yvoire d'environ un pouce & demi de diamétre: car on verra ſur l'enclume de petites marques rondes qui paroîtront au grand jour, dont les unes ſeront plus larges que les autres; comme, ſi on laiſſe tomber cette boule de quatre ou cinq pieds de hauteur, la marque aura environ trois lignes de diamétre; & ſi elle tombe de trois ou quatre pouces, elle n'aura pas une ligne de diamétre; ce qui fait voir que la boule s'applatit diverſement comme un ballon, & qu'elle reprend enſuite ſa première figure, puiſqu'elle demeure ronde, & ſans enfoncement après le choc; d'où l'on pourra juger que deux boules d'yvoire ou de verre, &c. s'enfoncent l'une l'autre en ſe choquant, & qu'elles ſe repouſſent enſuite par leur vertu de reſſort.

On pourra encore par le moïen de ce quatrième principe en découvrir un cinquième: ſçavoir, que *lorſque deux corps ſe ſont mis en reſſort en ſe choquant avec de certaines viteſſes, ils prennent en ſe ſéparant, chacun une partie de la ſomme de ces viteſſes en proportion réciproque de leurs poids*; c'eſt-à-dire, que ſi l'un peſe trois fois plus que l'autre, en ſe ſéparant par l'action de leurs reſſorts, le moindre prendra un viteſſe triple de celle que prendra le plus peſant.

Tous ces principes étant bien établis par pluſieurs expériences, tant ſur les corps à reſſort ferme, que ſur les autres qui l'ont foible & viſible, comme les ballons, &c. ſans qu'aucune y ſoit contraire; on pourra juger qu'ils pourront ſervir à expliquer les effets des boules d'yvoire, dont l'une a ſon poids triple du poids de l'autre: ſçavoir, que ſi elles ſe choquoient l'une l'autre avec une viteſſe de dix degrez, ſans conſidérer leur vertu de reſſort; la plus grande auroit trente de quantité de mouvement avant le choc, ſçavoir le produit de trois de poids par dix de viteſſe, & la moindre ſeulement dix; & que par le troiſiéme principe ci-deſſus, il ne reſteroit dans les deux boules jointes en-

ſemble après le choc que vingt de quantité de mouvement ; & que, par conſéquent, leur viteſſe commune ne ſeroit que de cinq degrez, puiſque le nombre de la ſomme de ces poids eſt quatre, & que vingt eſt le produit de quatre par cinq. On jugera enſuite, qu'à cauſe du reſſort elles doivent ſe repouſſer & s'écarter l'une de l'autre: & que s'étant choquées avec une viteſſe totale de vingt degrez, ſuivant le premier principe ci-deſſus, puiſque chacune avoit une viteſſe de dix degrez; la plus peſante en prendra cinq de ces vingt, & la moins peſante quinze, par le cinquiéme principe ci-deſſus. Et ſi on ſçait les régles des mouvemens compoſés, on pourra connoître que la plus groſſe, qui ſans le reſſort s'avanceroit avec une viteſſe de cinq degrez, étant repouſſée en arrière par le reſſort avec une pareille viteſſe de cinq degrez, elle doit demeurer en repos, parce que l'un de ces deux mouvemens détruit l'autre; & que la moindre, qui auroit auſſi cinq degrez de viteſſe ſans le reſſort, recevant encore par le reſſort quinze degrez de viteſſe de meme part, elle devra aller avec une viteſſe de vingt degrez, par ces mémes regles des mouvemens compoſés. Que ſi la petite choque l'autre avec une viteſſe de vingt degrez, on pourra juger, que, ſelon le ſecond principe de cet exemple, elles iroient enſemble avec une viteſſe de cinq degrez ſans le reſſort, à cauſe qu'il faudroit qu'elles euſſent enſemble la meme quantité de mouvement que la premiére avoit avant le choc, qui étoit vingt, produit de vingt degrez de viteſſe par un de poids, qui eſt auſſi le produit de quatre de poids par cinq de viteſſe. Mais le choc s'étant fait par une viteſſe de vingt degrez, la force de leur reſſort les fera ſéparer, en ſorte que la plus groſſe prendra encore une viteſſe de cinq degrez par le cinquiéme principe, qui étant jointe à la premiére de cinq degrez, ſa viteſſe entiére devra étre de dix degrez: & la petite, qui s'avançoit avec une viteſſe de cinq degrez, étant repouſſée en arrière par le reſſort avec une viteſſe de quinze degrez; il lui doit reſter ſeulement une viteſſe de dix degrez par les régles des mouvemens compoſés. Ainſi l'on pourra connoître, que ces cinq principes, & ceux qui ſervent à expliquer les mouvemens compoſés, pourront ſervir à expliquer ces effets & beaucoup d'autres dans les boules qui ſeront égales en poids & en viteſſes, ou qui auront des proportions différentes tant à l'égard des poids que des viteſſes; qu'on ne peut les bien expliquer ſans avoir la connoiſſance de ces principes; & qu'on ne peut l'acquérir qu'après avoir fait pluſieurs expériences. De-là on pourra juger que l'hypothéſe de la quantité de mouvement qui ne ſe perd point & ne s'augmente point, eſt inſuffiſante pour rendre raiſon de tout ce qui arrive dans le choc des corps, & qu'elle eſt meme fauſſe dans les deux expériences ci-deſſus; puiſqu'en la premiére, la quantité de mouvement diminue de moitié après le choc; & qu'en la deuxiéme, elle augmente de moitié.

Il faut donc prendre garde de ne point tomber en ces défauts, & particu-

ticulièrement de ne pas prendre de faux principes en cherchant trop curieuſement les cauſes des effets naturels: car enfin, il vaut bien mieux ſe contenter d'une belle & ample hiſtoire des principaux effets de la nature, connus par des expériences certaines, quoiqu'on n'en ſçache pas toutes les cauſes, que de perdre ſon tems à vouloir établir de fauſſes hypothèſes pour tâcher d'expliquer les plus difficiles, comme le reſſort des corps, la vertu de l'aimant, &c. & faire enſuite une infinité de faux raiſonnemens, qui empêchent l'avancement de la Phyſique. Ainſi les Médecins pourront ſe contenter de ſçavoir qu'un tel reméde eſt propre à guérir d'un tel mal; ou du moins qu'un tel reméde venu d'un tel païs guérir ordinairement d'un tel mal un homme d'un tel tempérament. Mais il faut avoir une connoiſſance exacte de ces expériences, & les avoir trouvé très-ſouvent véritables à point nommé: c'eſt ce qu'on pourra appeller Médecine expérimentale, & dont on pourra ſe ſervir juſques à ce qu'on ait découvert les véritables cauſes des maladies & des effets des remédes; mais on n'a pas droit d'appeller Médecine méthodique & fondée ſur le raiſonnement, celle qui eſt appuïée ſur de faux principes, & ſur une longue ſuite de conſéquences tirées de ces faux principes. Suivant donc cette méthode, on fera pluſieurs diverſes expériences, & on en examinera exactement toutes les apparences, pour ne point établir une fauſſe hypothèſe, ou pour corriger celles qui ſont reçûes pour vraies, ſi elles ne le ſont pas. Ainſi, pour établir une hypothèſe aſſûrée, qui pût ſervir à rendre raiſon des vents, & à les prédire; il faudroit que diverſes perſonnes en diverſes Provinces, peu & beaucoup éloignées, euſſent fait des obſervations en même tems, pour connoître où ils commencent, & où ils finiſſent; ſi un même vent règne en même tems en toute la ſurface de la Zone torride, ou non; ſi un vent Nord & Sud continue cette route par un long eſpace, & de quelle largeur eſt cet eſpace, &c. deſquelles obſervations on examinera la vérité par les propoſitions 51 & 52.

De même, pour trouver la cauſe du flux & du reflux de la mer, il faudroit avoir l'hiſtoire de pluſieurs obſervations exactement faites en diverſes côtes, pour ſçavoir s'il ſe fait en même tems aux côtes oppoſées de l'*Afrique* & de l'*Amérique*, ou ſucceſſivement; ſi aux côtes qui ſont de part & d'autre de l'Iſthme de *Panama*, la mer s'éléve à la même heure, ou non; ſi elle s'éléve plus auprès des Poles, qu'auprès de la ligne Equinoxiale; ſi le cours des marées, qui vont de l'Orient à l'Occident proche les Iſles des *Antilles*, ne procéde pas de la réflexion que les eaux font contre les côtes de l'*Afrique*, paſſant de la mer du Sud en la mer du Nord, &c. Mais, il faut un grand nombre de ces obſervations; & deux ou trois ne ſuffiſent pas pour fonder une hypothèſe, & pour la faire recevoir, notamment lorſqu'il n'y a aucune analogie, ou aucune autre marque d'une choſe ſemblable dans la nature.

Pour

Pour ſçavoir ſi c'eſt le poids de l'air qui fait qu'on a peine à ſéparer deux ſurfaces de marbre ou de verre planes & polies, qui ſe touchent exactement; ou ſi c'eſt un mouvement, ou pente naturelle qu'ont tous les corps ſublunaires de ſe tenir joints les uns aux autres; ou quelque autre cauſe: on pourra ſuſpendre ſous un grand verre cylindrique renverſé deux petits miroirs d'acier ainſi joints, & aiant ôté à peu près tout l'air qui eſt ſous le verre par le moïen de la machine qu'on appelle machine pour faire le vuide; ſi les miroirs ſe ſeparent auſſi difficilement dans cet air dilaté que dans l'air ordinaire, on n'attribuera pas au ſeul poids de l'air ou à ſon reſſort, cette jonction de ces ſurfaces de marbre.

Pour bien parler des métaux, des minéraux & des autres mixtes de la terre, il faut faire auſſi pluſieurs expériences, en les fondant, calcinant, diſtillant, &c. ſur leſquelles expériences on pourra établir des hypothèſes & des principes, ou loix de la nature, qui pourront ſervir à expliquer leurs effets & leurs cauſes, &c. On en uſera auſſi de même pour chercher les cauſes de la grele, de la pluie, du tonnerre, & des autres effets ſemblables.

Pour ſçavoir les raiſons pourquoi beaucoup de fleurs, comme les tulippes, le ſouci, &c. ſe tournent vers le ſoleil; on pourra remarquer que ce qui eſt échauffé, ſe deſſeiche, & enſuite ſe retrécit; & ſuppoſant la figure A B C D pour la tige de la fleur, on jugera que la partie B D étant échauffée, elle ſe doit retrécir comme en E F. Or ſi la tige demeuroit droite, il faudroit que A B s'allongeat comme en A E, & C D en C F; ce qui ſeroit fort difficile, & feroit rompre ou ſéparer les fibres de la tige. Il reſte donc que la tige ſe courbe en circonférence, comme en la figure *a b c d*; car en ce cas, B D pourra être moindre que A C ſans un grand effort, & ſans que A B & C D s'allongent, puiſque les circonferences des cercles intérieurs ſont moindres que celles des exterieurs qui ont un même centre: & ceux qui ſçauront cette raiſon, la pourront donner, & confirmer cette hypothèſe par l'expérience de beaucoup de choſes qu'on approche du feu, qui ſe courbent du côté qu'elles ſont échauffées.

TAB. XXV. Fig. 7.

Si on demande pourquoi le bleu & le verd ſont difficiles à diſcerner de nuit à la chandelle; on pourra remarquer, que lorſqu'un Peintre méle du bleu avec du jaune, il s'en fait une couleur verte; & enſuite on pourra tirer la conſéquence, que la flamme de la chandelle étant jaunatre, & mélant la couleur de ſa lumière avec celle de l'objet qui paroit bleu de jour, il paroîtra verd la nuit à cette flamme: comme auſſi, ſi on regarde une fleur jaune à une lumière bleue, telle que celle du ſoufre, ou de l'eſprit de vin; elle paroîtra verte. On pourra même tirer des conſéquences d'une choſe à une autre à peu près ſemblable, ſuivant le principe quarante-ſeptiéme: comme, ſi on a remarqué qu'un arbre aiant perdu une partie de ſon écorce par où coule la

la ſéve qui le nourrit, ſe recouvre plûtôt, & ſe rétablit en moins de tems, lorſqu'on met de la bonne terre près de ces racines, & qu'on l'arroſe ſouvent; on pourra tirer cette conſéquence, que pour guérir promptement un homme bleſſé, il ne faut pas lui ſouſtraire les alimens, & le faire jeûner.

Il eſt bon de remarquer, que dans les ſciences qui ſont mélées de Mathématique & de Phyſique, comme l'Optique, la Méchanique, &c. on doit toûjours ſe ſervir de quelques principes d'expérience. Ainſi dans l'Optique, il faut néceſſairement emploïer ces trois principes d'expérience: ſçavoir; *que les rayons de lumière s'étendent en lignes droites par un même milieu; que paſſant d'un milieu en un autre de différente tranſparence, ils ſe rompent; & que l'angle de leur réflexion ſur une ſurface polie eſt égal à celui de leur incidence.* Mais ceux qui voudront entreprendre de rendre raiſon des effets naturels, ſans faire auparavant pluſieurs expériences, ou ſans avoir appris celles des autres, & avoir remarqué par ce moïen pluſieurs régles de la nature, tomberont ſouvent en erreur, ou en l'impoſſibilité de bien expliquer ces effets: au lieu que ceux qui ſçauront beaucoup de ces principes, parviendront ſouvent à la connoiſſance de beaucoup de véritez obſcures & difficiles, & en tireront des conſéquences pour l'exécution de pluſieurs problèmes très-utiles.

ARTICLE III.

Des Principes des Propoſitions morales.

IL y a des principes de diverſes ſortes qui peuvent ſervir à la preuve des propoſitions morales; car les véritez intellectuelles & les ſenſibles y peuvent être emploïées: comme, lorſqu'il s'agit de faire le choix entre deux biens, & qu'on veut connoître ſi les poſſibilitez de l'un ſurpaſſent les poſſibilitez de l'autre, &c. il faut néceſſairement ſe ſervir des régles de la ſcience des nombres; & ſi l'on veut ſçavoir ce que le cœur & le cerveau contribuent aux paſſions & aux mœurs des hommes, il faut avoir une connoiſſance exacte de la ſtructure, & des fonctions de ces parties.

Les principes qui concernent particuliérement la Morale, ſont de deux ſortes. Les uns preſcrivent ce qu'on doit faire; comme,

Il ne faut pas faire à autrui, ce que nous ne voudrions pas qu'on nous fît.
Il faut donner un droit égal à ceux qui ſont égaux.
Il faut établir les loix pour l'utilité de ceux qui s'en doivent ſervir.

Les autres ont pour ſujet les mœurs & les inclinations des hommes; comme,

Nous ſommes curieux d'apprendre ce que nous ignorons.

Nous haïſſons ceux qui nous contrediſent.
Les plus forts uſent le moins de précaution.

Ceux de la premiére ſorte ont pour principe général cette propoſition, *Il faut faire ce qui eſt le mieux*; & l'on prouve qu'une choſe eſt meilleure qu'une autre, lorſqu'on fait voir qu'il en arrive plus de bien, & moins de mal; de laquelle preuve on pourra trouver les principes en examinant & conſidérant les liaiſons & conſéquences des choſes que l'on compare enſemble, & on les examinera par le principe 96, &c. & par la définition qui le précéde.

Les principes de la ſeconde ſorte ſe prouvent par induction & expérience. Mais on trouve quelquefois des expériences contraires; ainſi il peut arriver qu'on ne ſe ſoucie pas d'apprendre quelque choſe particuliére qu'on ignore & qu'un plus fort uſe de précaution.

On peut mettre au nombre de ces deux ſortes de principes, la plûpart des proverbes, entre leſquels on en pourra auſſi trouver qui ſeront oppoſés l'un à l'autre, à cauſe des diverſes conjonctures, & des différentes ſuites des biens & des maux.

On ſe ſert de ces principes, ou pour régler la conduite de chaque Particulier, & alors on les appelle principes de Morale; ou pour régler ce qui concerne le public, & en ce cas on les appelle principes ou maximes de Politique: mais ſouvent on confond la ſignification de ces noms.

Il faut s'étudier à ſçavoir beaucoup de ces principes; car ceux qui en ſçauront le plus, pourront mieux prouver & prévoir les évènemens, & réſoudre les queſtions de Morale. Ainſi ceux qui ſçauront que la plûpart des hommes ſuivent ordinairement le devoir naturel, & ſe ſoucient peu du devoir de convenance, pourront prouver que dans un Etat où il n'y a point de punition établie pour l'injuſtice des Juges, ils rendront ſouvent des jugemens injuſtes, en faiſant voir qu'en beaucoup d'occaſions il leur paroîtra plus avantageux de juger injuſtement, que de juger ſelon les loix établies.

Les mœurs des hommes ſont ſi différentes, & les évènemens des choſes ſont ſi incertains, & leurs circonſtances ſi peu ſemblables, qu'il eſt preſque impoſſible de pouvoir rien conclure d'aſſûré dans la plûpart des queſtions de Morale & de Politique: comme, ſi on propoſe de ſçavoir lequel eſt le meilleur pour appaiſer une ſédition, d'emploïer la clémence ou la rigueur; on trouvera pluſieurs avantages & pluſieurs inconvéniens de part & d'autre, qui paroîtront plus ou moins conſidérables, ſelon les différens ſentimens des perſonnes qui voudront les examiner; on pourra même ignorer quelques-uns de ces avantages, & de ces inconvéniens: d'où il s'enſuit, qu'on ne pourra ſe ſervir avec certitude du principe 96 pour la réſolution de cette queſtion, & que tous les raiſonnemens qu'on y fera, ne ſeront que vrai-ſemblables. On trouvera de ſemblables difficultez dans beaucoup d'autres queſtions de cette na-

nature. Et on peut s'étonner avec raiſon de ce que *Socrate* étant rebuté de l'étude des choſes naturelles, crut trouver mieux ſon compte dans l'étude de la Morale, puiſque les concluſions en ſont encore moins certaines ; & que ſi la Phyſique eſt difficile à cauſe qu'il faut ſouvent chercher pluſieurs cauſes pour expliquer un effet naturel, la Morale le doit être encore davantage, par le grand nombre des choſes qu'il faut ſouvent conſidérer pour bien juger de ce que nous devons ſuivre ou éviter.

Voici quelques régles dont on pourra ſe ſervir.

S'il s'agit du choix d'un bien ou d'un mal, on pourra emploïer les principes 83, 84, 85, &c. & l'on examinera la probabilité des évènemens par les 44 & 45, ou par d'autres qu'on jugera pouvoir ſervir, ſoit intellectuels ou d'expérience.

Il faut prendre garde, ſuivant le principe 97, de ne ſe point tromper en conſidérant la grandeur des choſes, au lieu de conſidérer les avantages & les commoditez qui nous en reviennent. Comme, ſi un homme a vingt mille écus de bien, & qu'on lui propoſe de les jouer en un ſeul coup contre 100000 écus ; quelques-uns pourroient croire qu'il auroit de l'avantage à le faire, ſelon la proportion de 5 à 1. Mais en ces cas, il ne faut pas conſidérer la quantité phyſique & réelle des choſes ; mais il les faut conſidérer moralement, c'eſt-à-dire, ſelon la grandeur des avantages, ou des incommoditez que nous en recevons. Or, 20000 écus ſuffiſent pour faire vivre un homme à ſon aiſe, & 100000 écus de plus n'augmentent ſon bonheur, qu'à peu près, comme de 3 à 2 ou de 3 à 1. Mais, s'il perd ſes 20000 écus, il tombe dans la miſére & dans une pauvreté entière ; & la proportion d'avoir du bien ſuffiſamment pour vivre à ſon aiſe, ou de n'avoir rien du tout, eſt une proportion preſque infinie, ou comme 100000 à 1. D'où l'on pourra juger, qu'il ne doit pas jouer ſes 20000 écus contre 100000 en un ſeul coup ; mais bien 20 ecus contre 100. On ſe ſervira de ces diverſes régles de proportion, comme de principes certains, pour prouver des cas ſemblables.

La convenance eſt une des cauſes de nos actions, & nous les réglons quelquefois par les ſeuls principes qui en dépendent : & meme nous jugeons preſque toûjours de la bonté des actions d'autrui, & de l'eſtime qu'il en faut faire, par ces ſeuls principes, & rarement par ceux du devoir naturel, quand il n'eſt pas joint à celui de convenance ; à cauſe que nous ne reſſentons pas les plaiſirs que les autres reçoivent d'une action qui leur plaît, & que par cette raiſon nous n'en conſidérons que la difformité ou la convenance. Mais chaque Particulier régle ordinairement ſes actions par le devoir naturel, & il y en a peu à qui la convenance ſeule paroiſſe le plus grand de tous les biens. On pourra emploïer l'une ou l'autre de ces ſortes de principes, ou toutes les deux, ſelon la connoiſſance qu'on aura des inclinations de ceux qu'on veut per-

perſuader: & ſi on a connu par les hiſtoires ou autrement, que les plus grands maux qui arrivent aux hommes, procédent des violences & des injuſtices qu'ils ſe font lés uns aux autres; on pourra juger que pour les rendre ſuffiſamment heureux, il faut faire en ſorte que le devoir naturel ne puiſſe être ſéparé de celui de convenance, ou du moins très-rarement, en établiſſant des loix qui puiſſent empêcher par les grandes punitions qu'elles ordonneront, qu'on ne recherche aucun bien de ceux qui ne ſe peuvent obtenir qu'en faiſant un mal conſidérable à un autre.

Il y a beaucoup de queſtions de Morale & de Politique, qu'on ne peut réſoudre que par une longue ſuite de propoſitions prouvées: & alors il faudra ſuivre la même méthode dont on ſe ſert dans les ſciences intellectuelles; c'eſt-à-dire, qu'il faudra chercher les différens principes qui pourront y ſervir, & prévoir quelles ſeront les propoſitions qu'il faudra prouver avant que de pouvoir réſoudre la queſtion; & on mettra ces principes & ces propoſitions par ordre pour les citer ſelon cet ordre, quand on voudra faire la preuve.

Pour les problèmes de Morale, qui ne ſont autre choſe que trouver les moïens pour obtenir quelque bien, ou pour éviter quelque mal, il faut chercher les principes intellectuels & ſenſibles; & les propoſitions morales qui y peuvent ſervir. Mais les évènemens ne peuvent être prouvé infaillibles: car les moindres circonſtances différentes les peuvent changer; & dans le détail nous ne pouvons ſçavoir que très-difficilement, ſi ceux à qui nous avons à faire, ont les mœurs ſemblables à ceux dont nous avons eu la connoiſſance, ſoit par nous-mêmes, ſoit par les hiſtoires. On pourra ſeulement inférer vrai-ſemblablement par les actions paſſées des hommes, ce qu'ils pourront faire en une conjoncture ſemblable, ſelon le principe dix-huitième. Que ſi l'on veut tâcher de déviner le ſecret d'une action, comme de ſçavoir les deſſeins qu'on a contre nous, &c. il faut ſuppoſer un ſyſtême, & voir ſi toutes les apparences y conviennent ſelon la propoſition cinquante-deuxième.

Et généralement en toutes ſortes de propoſitions, ſoit intellectuelles, ſenſibles, ou morales, il faut pour trouver les principes & pour les prouver, conſidérer ce pour quoi, ou par quoi une choſe eſt, ou peut être connue telle qu'on la propoſe, ou le bien pour lequel elle doit être faite. Ainſi, pour prouver qu'il faut ſuivre la vertu; il faut chercher quels ſont les avantages qu'elle apporte aux hommes; & pour prouver qu'un homme eſt raiſonnable; il faut chercher ce qui le rend raiſonnable, ou le fait appeller raiſonnable; & ce qu'on aura trouvé ſervira de terme de connexité, par le moïen duquel on fera la preuve, comme il ſera montré dans le troiſième Diſcours.

TROISIÈME DISCOURS,

De la méthode pour faire les Argumens, & les mettre en ordre pour ſervir à la preuve de quelques propoſitions douteuſes, ou à l'établiſſement de quelque ſcience.

APrès avoir trouvé les principes & les propoſitions prouvées, qu'on a jugé pouvoir ſervir à la preuve des propoſitions douteuſes; on les emploïe pour former les propoſitions des argumens.

Les argumens ſont ordinairement compoſés de trois propoſitions, dont la dernière eſt celle qui eſt à prouver, qui s'appelle la conclusion; les deux autres ſont celles ou ſe trouve le terme moïen, qu'on appelle autrement terme de connexité, qui les lie avec la concluſion.

La propoſition dans laquelle le terme de connexité ſe trouve avec l'attribut de la concluſion, s'appelle la majeure, ou la plus grande propoſition de l'argument; & celle ou il ſe trouve avec le ſujet de la concluſion, s'appelle la mineure, ou la moindre propoſition.

Par exemple, pour faire un argument par lequel on puiſſe prouver que la ſcience eſt déſirable: aiant trouvé & choiſi par les régles contenues dans le ſecond Diſcours, *l'utilité*, pour être le terme de connexité, parce que c'eſt une des cauſes qui doit faire déſirer la ſcience; on lui joindra l'attribut de la concluſion pour faire la majeure, en cette ſorte, *tout ce qui eſt utile, eſt déſirable:* enſuite on lui joindra le ſujet pour faire la mineure, *la ſcience eſt utile*; d'où l'on tirera la concluſion, *donc la ſcience eſt déſirable.*

Il eſt indifférent que la majeure ſoit énoncée la première; car cet argument qui ſuit, eſt auſſi bon que l'autre:

La ſcienee eſt utile:
Tout ce qui eſt utile, eſt déſirable;
Donc la ſcience eſt déſirable.

Même dans l'ardeur du raiſonnement, il eſt plus naturel de faire l'argument en cette dernière manière.

Que ſi la propoſition à prouver eſt négative, comme, *le vice ne doit pas être aimé*; aiant pris pour terme de connexité, qu'il apporte du *deshonneur*, on fera l'argument en cette ſorte:

Ce qui apporte du deshonneur, ne doit pas être aimé:
Le vice apporte du deshonneur;
Donc le vice ne doit pas être aimé.

Lorſque l'une des deux premières propoſitions, ou toutes les deux

ne ſont pas des véritez premières; il faut les prouver par d'autres, & celles-ci par d'autres, juſques à ce qu'on ſoit arrivé aux véritez premières; ou bien commencer par celles qui ſont immédiatement compriſe ſous les véritez premières, & continuer juſques à celles qui ſont à prouver.

Quand les principes pour prouver, ne ſont que de vrai-ſemblance, ſuivant les principes 44, 45, 46, &c. les conſéquences ne ſeront auſſi que vrai-ſemblables; *Ariſtote* appelle enthymemes ces argumens de vrai-ſemblance.

EXEMPLE D'ENTHYMÈME.

Les méres aiment ordinairement leurs enfans:
Celle-ci eſt mére;
Donc elle aime ſon enfant.

La plûpart des Logiciens appellent enthymêmes les argumens de deux propoſitions, parce qu'on donne ordinairement pour exemple d'enthymême cet argument de deux propoſitions:

Celle-ci eſt mére;
Donc elle aime ſon enfant.

Ce n'eſt pas néanmoins par le nombre des propoſitions qu'*Ariſtote* définit l'enthymême, mais par leur probabilité, & lorſqu'elles ne ſont fondées que ſur des ſignes.

D'où il s'enſuit, qu'on ne doit pas appeller enthymême cet argument de deux propoſitions: *ce triangle eſt iſoſcéle*; *donc les deux angles ſur ſa baſe ſont égaux*; puiſque cette concluſion eſt néceſſaire & infaillible.

C'eſt une choſe fort peu utile d'enſeigner de combien de ſortes d'argumens on peut faire: car cela n'aide de rien à inventer les preuves, n'y à faire de bons argumens; non plus que de ſçavoir combien il y a de figures qui ſervent à orner un diſcours, ne contribue guéres à l'éloquence d'un Orateur. Voici ce qu'on en peut dire de plus important, & qui a été fondé ſur les remarques que quelques-uns ont faites de pluſieurs ſortes de bons argumens.

Il y a pluſieurs figures d'argumens, & pluſieurs modes ou façons en chaque figure. Les figures ſont diſtinguées par les diverſes ſituations du terme moïen, ou de connexité, dans les deux premières propoſitions de l'argument. Si ce terme eſt le ſujet en la majeure, & l'attribut en la mineure; c'eſt une figure qu'on appellera, ſi l'on veut, la premiére, parce que c'eſt la plus ordinaire.

EXEMPLE.

Tout animal eſt vivant:

Tout

Digitized by Google

Tout homme eſt animal;
Donc tout homme eſt vivant.

S'il eſt l'attribut dans les deux premières propoſitions; ce ſera la ſeconde figure.

EXEMPLE.

Nulle pierre n'eſt ſenſible:
Tout homme eſt ſenſible;
Donc nul homme n'eſt une pierre.

S'il eſt le ſujet dans l'une & dans l'autre; ce ſera la troiſième figure.

EXEMPLE.

Les mouches volent:
Les mouches ſont des animaux ſans plumes;
Donc il y a des animaux ſans plumes qui volent.

Enfin s'il eſt l'attribut en la majeure, & l'attribut en la mineure; ce ſera la quatrième figure.

EXEMPLE.

Nul eſclave n'eſt libre:
Quelque libre eſt miſérable;
Donc quelque miſérable n'eſt pas eſclave.

On peut ici remarquer qu'*Ariſtote* & la plûpart de ſes ſectateurs, qui accablent les Lecteurs du grand nombre de leurs régles de Logique, n'ont point parlé de cette quatrième figure.

Pour les modes ou façons de chaque figure, leur diverſité procéde de l'affirmation ou négation, & de l'univerſalité ou particularité des propoſitions de l'argument; car toute propoſition eſt ou particulière affirmative ou particulière négative, ou univerſelle affirmative ou univerſelle négative; & dans ce ſens, cet argument de la première figure,

Tout animal eſt vivant:
Tout homme eſt animal; &c.

eſt d'un autre mode que celui-ci de la même figure,

Nulle choſe ſenſible n'eſt une pierre:
Tout homme eſt ſenſible;
Donc nul homme n'eſt une pierre.

La plûpart des Logiciens donnent de certaines régles pour ces figures & pour ces modes, comme celles-ci; que les propoſitions négatives ſe prouvent plus facilement par la ſeconde figure que par les autres; que dans les argumens de la première figure la mineure ne doit point

être

être négative; que dans ceux de la ſeconde, l'une des deux premières propoſitions doit être négative; &c. Mais ces régles ne ſont nullement néceſſaires, ni pour bien faire les argumens, ni pour prouver leur bonté; ce qui eſt manifeſte; car quand on cherche un terme de connexité pour prouver quelque queſtion, on ne ſe met point en peine (ou du moins très-rarement) de quelle figure ou de quel mode ſera l'argument. On ne peut auſſi être aſſûré de la bonté de ces régles, ſi elles ne ſont prouvées; & cette preuve ne pouvant être faite que par des argumens, il s'enſuit que la bonté des argumens qui prouvent la bonté de ces régles, peut être connue ſans elles, puiſqu'elles ne ſont pas encore établies. Il eſt vrai qu'après qu'on a fait des argumens de pluſieurs ſortes, & qu'on a connu leur bonté par la faculté naturelle que nous avons de connoître la connexité des propoſitions, comme il a été dit dans le principe quatrième; on peut conſidérer enſuite les différentes manières & propriétez de ces argumens, & les diſpoſitions des termes des propoſitions, &c. pour en faire des remarques & des régles. Mais la connoiſſance de ces regles & de leurs démonſtrations eſt une ſcience particulière qu'on peut négliger, non ſeulement parce qu'elle eſt très-difficile à apprendre, mais parce qu'elle eſt inutile pour les autres ſciences; étant plus ſûr & plus facile de conſidérer avec un peu d'attention les connexitez des propoſitions qu'on emploïe à une preuve de Géométrie ou de Phyſique, que de les examiner par des régles dont on aura peine à ſe ſouvenir, & qui d'ordinaire ſont inconnues à ceux à qui on parle.

C'eſt encore une choſe fort peu utile, de remarquer toutes les propriétez des propoſitions & de leurs termes: comme, qu'il y a des propoſitions néceſſaires contingentes, conditionnelles, modales, &c; qu'il y a des termes ſimples, complexes, connotatifs, &c: car, quelque ſoin qu'on y apporte, il eſt preſque impoſſible de remarquer toutes leurs différences; & ces remarques ne font pas qu'on prouve mieux ce qu'on veut prouver, ni qu'on diſcerne mieux la connexité des propoſitions: c'eſt pourquoi on s'eſt diſpenſé d'en parler ici, & on a cru que les obſervations ſuivantes pourroient ſuffire.

Il y a de deux ſortes de preuves: l'une s'appelle directe, & l'autre indirecte.

La preuve directe montre qu'une propoſition eſt vraie, parce qu'elle eſt compriſe ſous des véritez certaines, & a de la connexité avec elles.

La preuve indirecte montre qu'une propoſition eſt vraie, parce que ſa contraire ou négative eſt fauſſe; ou qu'une propoſition eſt fauſſe, parce qu'en la ſuppoſant vraie, il ſuit une abſurdité, c'eſt-à-dire, une fauſſeté évidente: on l'appelle autrement preuve par ſuppoſition de faux, ou preuve par l'abſurde. La quatrième propoſition d'*Euclide* & la cinquième ſont prouvées par des preuves directes: la ſixième eſt prou-

prouvée par une preuve indirecte, en ſuppoſant qu'une ligne qui eſt égale à une autre, eſt plus grande, & faiſant voir que de cette ſuppoſition il ſuivroit une fauſſeté première, ſçavoir qu' une partie d'un tout ſeroit égale à ce tout.

EXEMPLE DE PREUVE DIRECTE.

Un aſtre ne luit pas par ſa propre lumière, lorſqu'un corps opaque étant interpoſé entre lui & le ſoleil, il s'obſcurcit:
La lune s'obſcurcit lorſque la terre eſt interpoſée entre elle & le ſoleil;
Donc la lune ne luit pas par ſa propre lumiere

EXEMPLE DE PREUVE INDIRECTE POUR PROUVER QU'UN HOMME N'EST PAS UNE PIERRE.

Un homme eſt une pierre: (par ſuppoſition)
Toutes les pierres ſont inſenſibles;
Donc un homme eſt inſenſible; ce qui eſt faux & abſurde; & par conſéquent il eſt vrai qu'un homme n'eſt pas une pierre.

Lorſque les propoſitions douteuſes ſont peu éloignées des principes, la preuve en eſt aſſez facile.

EXEMPLE.

Ce qui a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même, eſt vivant:
Un homme a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même;
Donc un homme eſt vivant.

Si on nie la majeure, il eſt évident que la queſtion eſt du nom, & que c'eſt la definition qu'on nie, c'eſt-à-dire, que ce qui a du ſentiment & du mouvement de ſoi-même, ne doit pas être appellé vivant; & alors il faut le prouver par induction, en le faiſant dire à pluſieurs hommes; & c'eſt le principe ſenſible de cette définition, comme il a été dit dans le ſecond Diſcours.

Si on nie la mineure, on la prouve encore par induction & expérience, ſelon le principe neuviéme, en voïant marcher un homme, & en lui faiſant quelque douleur, dont il paroiſſe avoir le ſentiment. Or ces ſortes de propoſitions, qui ſont immédiatement compriſes ſous leurs principes, ſe peuvent ſouvent prouver par un ſeul argument. Mais, ſi on veut prouver une propoſition éloignée de ſes principes, comme celle-ci, *un homme eſt compoſé des mêmes élémens qu'un arbre*; il en faut beaucoup davantage: & même en quelques propoſitions de Géométrie & d'Arithmétique, quoiqu'elles ſoient immédiatement compriſes ſous leurs principes, ou qu'elles en ſoient peu éloignées, il faut emploïer pluſieurs argumens. Nous prendrons pour exemple la conſtruction

& la preuve du problême du triangle équilatéral, dont l'analyſe a été enſeignée dans le deuxième Diſcours.

Conſtruction & Démonſtration du triangle équilatéral.

TAB. XXV. Fig. 4. SOit la ligne AB, ſur laquelle on doit conſtruire un triangle équilatéral. Du centre A, & de l'intervalle AB, ſoit decrit le cercle ECBE; & du centre B, & du même intervalle, ſoit décrit le cercle ACDA, coupant le premier cercle au point C; & ſoient tirées les lignes droites CA, CB. Je dis que le triangle ACB eſt équilatéral; c'eſt-à-dire, que les trois cotez AB, BC, CA, ſont égaux entr'eux.

PREMIÈR ARGUMENT.

Les lignes qui viennent d'un même centre à une même circonférence d'un cercle, ſont égales entr'elles:
Les lignes AC, AB, *viennent d'un même centre* A, *à une même circonférence* BCE;
Donc elles ſont égales entr'elles.

On fait encore un ſemblable argument pour prouver que les lignes BC, BA, ſont égales entr'elles; enſuite on fait celui-ci:

Les choſes égales à une autre, ſont égales entr'elles:
Les lignes AC, BC, *ſont égales à* AB;
Donc elles ſont égales entr'elles.

Il faut encore prouver les propoſitions des deux premiers argumens, par la définition & par la poſſibilité de la conſtruction des cercles.

Il faut faire encore cet argument:

Un triangle équilatéral eſt celui qui a ſes trois côtez égaux entr'eux:
Les trois côtez du triangle ABC *ſont égaux entr'eux, comme il a été prouvé;*
Donc il eſt équilatéral.

Il faut encore prouver cette définition par induction, ou de lecture, ou de témoignage de pluſieurs Géométres.

Par cet exemple on voit, que puiſqu'il faut cinq ou ſix argumens pour prouver une propoſition de Géométrie peu éloignée des principes, il en faudroit un nombre exceſſif pour prouver les propoſitions qui en ſeroient beaucoup éloignées; & que cette méthode de ſe ſervir d'argumens complets de trois propoſitions, pour leur preuve, dans laquelle on eſt obligé d'uſer ſouvent de redites, ſeroit ennuïeuſe & difficile, & feroit de la confuſion dans l'eſprit. C'eſt pourquoi les Géométres ont mis en uſage une autre méthode plus commode, qui eſt de faire des raiſonnemens continus, ſans diſtinguer les argumens. En voici la manière:

On commence par la preuve des propoſitions qui ſont immédiatement

ment compriſes ſous les principes, & qu'on prévoit être néceſſaires pour la preuve des autres; ſans obſerver exactement que les argumens ſoient de trois propoſitions, pourvû qu'on faſſe comprendre ſuffiſamment les connexitez. Et enſuite au lieu de répéter les premiers argumens, on allégue ſeulement les concluſions, c'eſt-à-dire, les propoſitions prouvées, leſquelles doivent être miſes par ordre pour les citer ſelon cet ordre. C'eſt ce qu'on obſerve dans les démonſtrations de Géométrie & d'Arithmétique, & il ſuffit qu'on ſe ſouvienne que les premières ont été bien prouvées, encore qu'on n'en conçoive plus la preuve.

Il vaut mieux commencer par les premières propoſitions, & continuer juſques à celle qui eſt à prouver, en citant celles qui ſont connues, que de commencer par l'inconnue, & aller de ſuite en ſuite juſques aux principes, en citant des propoſitions inconnues. Voici des exemples de cette méthode.

Preuve de la propoſition du Triangle équilatéral par citation.

D'Autant que les lignes A B, A C, ſont tirées d'un même centre A, à une même circonférence E C B, elles ſont égales par la définition du cercle. Par la même raiſon B C, B A, ſeront égales entr'elles. Et parce que A C, C B, ſont toutes deux égales à A B, elles ſeront égales entr'elles, par le principe, *les choſes égales à une autre, ſont égales entr'elles.* Donc ſelon la définition du triangle équilatéral, A C B eſt un triangle équilatéral; ce qui étoit à prouver.

On voit par cette preuve, que la méthode par des raiſonnemens continus, en citant les propoſitions, eſt beaucoup moins longue que celle par des argumens complets, & que les connexitez en ſont auſſi faciles à voir.

Les grands Géométres ſe diſpenſent ſouvent de citer les propoſitions prouvées par *Euclide*, ou par d'autres Auteurs célébres; mais ils les énoncent ſeulement, lorſqu'ils parlent à d'autres grands Géométres.

Il eſt à remarquer que quelques Philoſophes ont ſoûtenu qu'on ne pouvoit rien prouver par des argumens, parce que la concluſion étant contenue dans les deux premières propoſitions, c'étoit une identité de preuve, c'eſt-à-dire, qu'on prouvoit une propoſition par elle-même. Mais on peut répondre que cette identité eſt toûjours un peu obſcure, même dans les démonſtrations où il n'y a qu'un argument; & que lorſqu'il y en a pluſieurs, ou qu'il y a une longue ſuite de conſéquences continues, on la comprend difficilement. Par exemple, il eſt aſſez facile de concevoir que 2 fois 2, & 2 fois 3, ſont la même choſe que 2 fois 5; & que 3 fois 2, & 3 fois 3, ſont la même choſe que 3 fois 5; & que 2 fois 5, & 3 fois 5, ſont la même choſe que 5 fois 5; quoiqu'il y faille un peu d'attention. Mais, la conſéquence que 2 fois 2,

& 2 fois 3, & 3 fois 2, & 3 fois 3, pris enſemble, ſoient la même choſe que 5 fois 5; ou, pour l'exprimer autrement, que ſi un nombre comme 5 eſt diviſé en deux parties, le quarré du nombre entier eſt égal aux quarrez des deux parties, & à deux fois leur produit; c'eſt ce que la plûpart des eſprits ont peine à comprendre, & il faut quelque méthode pour y parvenir. Comme, ſi on nomme 2 fois 2 A, & 2 fois 3 B, égaux enſemble à 2 fois 5; & 3 fois 2 C, & 3 fois 3 D, égaux enſemble à 3 fois 5; on pourra ſe ſouvenir que A & B enſemble, & C & D enſemble, ont été prouvés égaux à 2 fois 5, & à 3 fois 5. Si donc on conçoit que 2 fois 5, & 3 fois 5, pris enſemble, ſoient égaux à 5 fois 5; on pourra auſſi concevoir que 5 fois 5 ſera égal aux quatre nombres A, B, C, D, pris enſemble: d'où il ſuit que les argumens ſont néceſſaires pour les preuves, quoiqu'on ſçache les principes ſur leſquels on les doit fonder.

Lorſqu'il y a un grand nombre de connexitez à concevoir, il faut de néceſſité que la mémoire ſupplée au défaut de la conception: car nous ne pouvons concevoir en même tems les connexitez de pluſieurs propoſitions de ſuite, par exemple, celles de toutes les propoſitions qu'*Archimede* a emploïées, pour démontrer la proportion de la ſphére & du cylindre; mais ſeulement on peut ſe ſouvenir d'avoir trouvé ces propoſitions véritables les unes après les autres.

Lorſque les propoſitions ſenſibles douteuſes ſont éloignées des principes d'expérience, & des autres propoſitions qui peuvent ſervir à les prouver; il faut prouver les dernières par la citation des premières, de la même maniére qu'on prouve celles de Géométrie & d'Arithmétique. Mais les expériences ſur leſquelles ſont fondées les principes ou régles de la nature, ne peuvent être miſes ſur le papier, comme on y met les lignes & les figures de Géométrie; & on a ſouvent beaucoup de peine à concevoir comme elles ont été faites: même il y en a, qu'un ſeul homme ne peut faire; comme, d'obſerver quels vents régnent en même tems dans la *France* & dans la *Pologne*; ſi le flux & reflux de la mer ſe fait à la même heure aux côtes d'*Eſpagne* & de l'*Amérique*.

Voici ce qu'on pourra obſerver:

Il faut enſeigner de quelle ſorte on a fait les expériences, avec quelles perſonnes, avec quelle exactitude, de quels inſtrumens on s'eſt ſervi, &c. & écrire ces expériences par ordre, ſelon lequel ordre on les alléguera pour la preuve; on y ajoûtera des figures, ſi les expériences ſont difficiles à comprendre. Mais ces principes d'expérience ne ſeront principes qu'à ceux qui auront fait les mêmes obſervations; & ſeront ſeulement vrai-ſemblables aux autres, étant examinées ſelon les propoſitions 51. & 52.

Exem-

Exemple pour prouver un Principe d'Expérience.

PRINCIPE D'EXPÉRIENCE.

LEs rayons paſſant de l'air dans l'eau ſe rompent, & leur inflexion ſe fait du côté de la ligne perpendiculaire qui paſſe par le point d'incidence.

DÉMONSTRATION.

SOit AB, une ligne droite dans la ſurface ſupérieure de l'eau contenue dans quelque vaiſſeau dont le fond ſoit MGFEN; CDE un fil tendu fermement, afin qu'il repréſente une ligne droite; D, le point où le fil entre dans l'eau; E, le point où il touche le fond du vaiſſeau. Soit auſſi C, un petit trou par où paſſe un rayon du ſoleil dans une chambre obſcure, en ſorte que ce rayon qui eſt repréſenté par CD, coulant le long du fil juſques au point D, qui ſera le point de ſon incidence, le fil ſoit environné de ce rayon: alors, ſi on ôte le fil, on verra que ce rayon paſſant dans l'eau, quittera la direction du fil, & ne ſera point continué le long de la ligne DE juſques au point E; mais qu'il ira comme en F entre E & G, ſi DG eſt le fil d'un pendule paſſant par le point D. On verra arriver la même choſe, ſi le rayon a une inclination moindre ou plus grande, en ajuſtant le fil CDE ſelon le rayon. On fera l'expérience plus facilement ſi le fond du vaiſſeau eſt vuide, & que le fil étant ôté, le rayon CDE tombe au point E; car on verra que ſi on emplit promptement d'eau le vaiſſeau juſques à la ligne AB, le point E ne ſera plus illuminé, mais un autre point F. Le même arrivera aux autres rayons par la propoſition dix-huitième. Donc les rayons paſſant de l'air dans l'eau, ſe rompent, &c. ce qu'il faloit prouver par expérience. TAB. XXV. Fig. 8.

Autre exemple pour faire voir comme il faut diſpoſer pluſieurs propoſitions de ſuite pour prouver une propoſition ſenſible, & comme il faut faire un raiſonnement continu en citant les principes & les propoſitions prouvées.

ON trouve par expérience, que ſi on emplit de mercure un tuyau cylindrique de verre, comme AB, fermé par le bout A, dont la longueur ſoit au-deſſus de trente pouces; & qu'aiant mis le doigt ſur l'extrémité B, ſans y enfermer de l'air, on le renverſe; & qu'on trempe cette extrémité B dans d'autre mercure mis en quelque petit vaiſ- TAB. XXV. Fig. 9.

ſeau de terre comme C D K; & qu'on ôte enſuite le doigt: le mercure deſcend, & apres quelques balancemens, il s'arrête ordinairement à la hauteur de vingt-ſept à vingt-huit pouces; c'eſt-à-dire, que ſi E F eſt la ſurface du mercure qui eſt dans le petit vaiſſeau, celui du tuyau deſcendra juſques en H, ſi E H eſt d'environ vingt-ſept pouces & demi; mais ſi on y enferme de l'air avec le mercure; le mercure deſcendra plus bas, & ſe mettra à diverſes hauteurs, ſi on y met plus ou moins d'air.

Ces expériences étant connues, & ſuppoſant qu'aiant fait l'expérience ſans air, le mercure ſe ſoit mis à vingt-huit pouces, comme il arrive quelquefois; on propoſe ce problème de Phyſique.

PROBLÈME DE PHYSIQUE.

ETant donnée la longueur d'un tuyau cylindrique A B, *au-deſſus de vingt-neuf ou trente pouces, fermé par un bout; trouver quelle quantité d'air il faut enfermer avec le mercure, afin que le mercure ſe mette à une hauteur donnée moindre que vingt-huit pouces, lorſque le tuyau ſera perpendiculaire à l'horiſon.*

Pour y parvenir, il faut premièrement prouver que l'air a de la peſanteur, ſoit par des expériences faites par quelques Auteurs célébres, ſoit par quelques-unes qu'on aura faites ſoi-même; & on en fera la première propoſition.

On en fera une ſeconde, dans laquelle on énoncera que la colomne de vif-argent de vingt-huit pouces, qui demeure dans le tuyau de verre A B, lorſqu'on n'y a point mis d'air, péſe autant que la colomne d'air de même largeur depuis la ſurface du mercure du petit vaiſſeau, juſques au haut de l'atmoſphére, c'eſt-à-dire, juſques au plus haut de l'air: & on la prouvera par pluſieurs expériences faites en pluſieurs lieux tant profonds qu'élevés, pour faire voir que plus les lieux ſont élevés, moins grande eſt la hauteur où s'éléve le mercure, comme étant chargé d'une moindre peſanteur d'air; & que dans les caves fort profondes, il s'éléve à une plus grande hauteur, comme étant chargé d'un plus grand poids d'air; & que ſi on met le mercure du vaiſſeau dans de l'eau au-deſſous d'une hauteur de dix ou douze pieds, il s'élévera beaucoup plus dans le tuyau, ſçavoir à un pouce de plus pour quatorze pouces d'eau, à deux pouces pour vigt-huit pouces, &c. à cauſe qu'un pouce de mercure péſe autant à peu près que quatorze pouces d'eau.

On prouvera enſuite que l'air a beaucoup de vertu de reſſort, & que plus il eſt preſſé par un poids, plus il ſe condenſe; mais que le poids étant ôté, il ſe remet de lui-même par ſon reſſort dans ſa première extention, qui eſt celle où il eſt mis par le poids de l'atmoſphére avec lequel il fait équilibre, en ſorte que ſi l'air devenoit plus peſant, il ſe con-

condenſeroit davantage; & s'il devenoit moins peſant, il ſe dilateroit davantage; & ce ſera la troiſiéme propoſition.

On fera une quatriéme propoſition, pour montrer, que quelque quantité de mercure petite ou grande, qu'on mette dans le tuyau A B avec de l'air, il deſcendra; mais qu'il ne deſcendra pas entiérement juſques à la ſurface du mercure du vaiſſeau C D K: & on le prouvera par la troiſiéme propoſition. Car ſi G A eſt l'air, & G B le mercure qui puiſſe couler par l'ouverture B: d'autant que ſon poids depuis E F, ſurface du mercure qui eſt dans le vaiſſeau C D K juſques en G, fait équilibre avec une partie de la colomne d'air de toute l'atmoſphére, égale en largeur au diamétre du tuyau A B; & que l'air enfermé G A eſt condenſé de même que l'air qui eſt à l'entour du tuyau, & que par conſéquent il peut faire équilibre par la ſeule force de ſon reſſort, avec tout le poids de cette colomne d'air; il s'enſuit que le mercure n'aiant rien qui lui faſſe équilibre, il deſcendra. Mais il ne deſcendra pas juſques à ce qu'il ſoit en la même ſurface que le mercure du vaiſſeau C D K; car s'il y deſcendoit, l'air G A ſe ſeroit dilaté de tout l'eſpace G E, & par conſéquent il ne pourroit faire équilibre en cet état avec tout le poids de l'air, qui eſt de même poids que vingt-huit pouces de mercure; d'où l'on conclura qu'une partie du mercure demeurera dans le tuyau.

On fera enſuite une cinquiéme propoſition, par laquelle il ſera énoncé, que l'air ſe condenſe ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé; & pour ſçavoir ſi cette propoſition eſt véritable, on la ſuppoſera, c'eſt-à-dire, on la poſera pour hypothéſe, & on fera pluſieurs expériences, pour voir ſi elles conviendront toutes à cette hypothéſe. Par exemple, on ſuppoſera que le mercure ſe ſoit mis à la hauteur de quatorze pouces en G, le tuyau A B étant de quarante pouces, & E B d'un pouce; & parce que E A ſera de trente-neuf pouces, G A ſera de vingt-cinq pouces; & on ſuppoſera pour faire le calcul plus facilement, que le mercure étant enfermé dans le tuyau ſans air, ſe mettroit à vingt-huit pouces préciſément; & on raiſonnera ainſi:

D'autant que le mercure E G de quatorze pouces fait équilibre avec la moitié du poids de l'air, puiſque vingt-huit pouces font équilibre avec tout ſon poids, il s'enſuit que les vingt-cinq pouces d'air dilaté en A G, ſont équilibre avec le poids de l'autre moitié de l'air. Mais, par l'hypothéſe, il doit étre dilaté deux fois plus que l'air qui eſt à l'entour du tuyau, qui eſt chargé du poids de tout l'air, & qui eſt condenſé de même que celui qu'on avoit enfermé; donc cet air premiérement enfermé ne devoit étre que de douze pouces & demi, moitié de vingt-cinq pouces. Enſuite de ce raiſonnement, on en fera l'expérience en cette ſorte: On laiſſera douze pouces & demi d'air dans le tuyau au-deſſus du mercure, qui en occupera vingt-ſept pouces & demi, & on fermera le bout du tuyau avec le doigt, l'air ſe mettra au-deſſus de

de l'eſpace H A, qui ſera encore de douze pouces & ½; alors ſi on tire le doigt, qu'on ſuppoſe être environ un pouce au-deſſous de E F, on verra deſcendre le mercure, & s'arrêter à la hauteur E G de quatorze pouces ; ce qui ſera déja une conjecture de la vérité de l'hypothèſe. On prendra enſuite un tuyau recourbé A B C D, fermé au bout D, en ſorte que C D ſoit d'un pied, & B A d'environ quatre pieds: on y verſera tout doucement un peu de mercure par l'ouverture A, de manière qu'elle occupe l'eſpace B E C, afin qu'il n'y ait plus de communication de l'air D C, avec l'air B A, & qu'il ne ſoit pas encore preſſé; & que par conſéquent il faſſe encore équilibre par ſon reſſort, avec tout le poids de l'air, qui eſt équivalent au poids de vingt-huit pouces de mercure (on connoîtra que l'air D C n'eſt ni plus preſſé, ni moins preſſé que celui qui eſt en B A, ſi le mercure eſt à meme hauteur aux points C & B). On verſera enſuite peu à peu du mercure dans la partie A B, juſques à ce qu'il en monte dans la partie C D, à la hauteur G H de quatre pouces, afin que l'air n'occupe plus que les deux tiers de C D; & on remarquera que B G étant priſe égale à C H, le mercure ſera alors élevé juſques en F, ſi G F eſt de 14 pouces. Or alors l'air D H ſera chargé du poids de quarante-deux pouces de mercure, ſçavoir des vingt-huit pouces du poids de l'air, & des quatorze pouces du mercure qui eſt en G F. Mais quarante-deux eſt à vingt-huit, comme C D à H D, c'eſt-à-dire, douze à huit; & par conſequent cet air ſe ſera condenſé à proportion du poids dont il ſera chargé. On remplira enſuite le tuyau A B juſques à une telle hauteur, que l'air ſe réduiſe en l'eſpace I D, moitié de C D; & on verra qu'en l'autre côté du tuyau, il ſera à la hauteur I M, ſi I L eſt horiſontale, & ſi I M eſt de vingt-huit pouces. Or en cet état, l'air I D ſera preſſé par un poids de cinquante-ſix pouces de mercure, ſçavoir de celui qui ſera en la partie I M de vingt-huit pouces, & de celui de l'atmoſphère qui eſt égal au poids de vingt-huit pouces de mercure; & par conſéquent cet air enfermé ſe ſera condenſé ſelon la proportion des poids. Deſquelles expériences, & de pluſieurs autres qu'on pourra faire, en ſe ſervant d'un tuyau de ſept ou huit pieds depuis B juſques à A, on conclura la vérité de ce principe d'expérience; ſçavoir, que l'air ſe condenſe à proportion des poids dont il eſt chargé; & ce ſera la cinquiéme propoſition.

TAB. XXV. Fig. 10.

Toutes ces propoſitions étant bien prouvées & miſes par ordre, on réſoudra le problème propoſé par la méthode des Géométres qu'ils appellent analyſe, en cette ſorte:

TAB. XXV. Fig 9. Soit le tuyau A B de quarante pouces, où l'on doit enfermer de l'air avec du mercure; & on veut que l'expérience étant faite, le mercure ſe mette à ſept pouces de hauteur. On ſuppoſera ce qu'on cherche; ſçavoir, qu'aiant mis en ce tuyau une certaine quantité de mercure & d'air, & aiant plongé ſon extremité B dans le mercure du petit vaiſſeau

C D K

CDK jusques à un pouce de profondeur, le mercure se soit arrêté en G, sept pouces au-dessous de EF surface du mercure du vaisseau CDK, & on fera un raisonnement continu en cette sorte : D'autant que les sept pouces de mercure EG sont équilibre avec le quart de tout le poids de l'air de l'atmosphére, l'air dilaté GA, qui est dans le tuyau, doit faire équilibre par son ressort avec le reste du poids de l'atmosphére, sçavoir les trois quarts, par la troisième & quatième propositions de cet exemple: or cet air dilaté est de trente-deux pouces; donc, par la cinquième proposition, comme vingt-huit pouces de mercure, poids entier de l'air, est à vingt & un pouces, différence de sept pouces & de vingt-huit pouces; ainsi réciproquement l'étenduë de l'air dilaté dans le tuyau, qui fait équilibre avec ces vingt & un pouces, est à l'étenduë de l'air qu'on avoit enfermé avec le mercure avant l'expérience, & qui faisoit équilibre par son ressort à tout le poids de l'air, c'est-à-dire, au poids de vingt-huit pouces de mercure. Mais, cet air dilaté est de trente-deux pouces; donc on avoit enfermé vingt-quatre pouces d'air avec le mercure avant l'expérience, puisque trente-deux est à vingt-quatre, comme vingt-huit à vingt & un.

La synthése ou composition se fera en cette sorte par une preuve indirecte : Soit mis du mercure dans le tuyau AB jusques à seize pouces de hauteur, afin qu'il reste vingt-quatre pouces d'air; & aiant fermé le bout du tuyau avec le doigt, qu'on le plonge dans le mercure du vaisseau, en sorte qu'aiant ôté le doigt, & le mercure étant arrêté, l'extrémité B soit d'un pouce au-dessous de la surface EF. Je dis que le mercure du tuyau qui occupoit l'espace BH de seize pouces, se réduira à sept pouces: car s'il s'élevoit à une autre hauteur, comme de huit pouces, il s'ensuivroit par la cinquiéme proposition ci-dessus, que comme vingt-huit est à vingt complement de huit à vingt-huit, ainsi trente & un, nombre des pouces de l'air dilaté, seroit à vingt-quatre; ce qui est absurde, parce que cette dernière raison est moindre que la première. On trouvera la méme absurdité quelque hauteur qu'on suppose, autre que sept pouces: car alors GA de trente-deux pouces sera à HA de vingt-quatre pouces, comme vingt-huit à vingt & un; donc il se mettra à sept pouces; ce qui étoit à prouver.

On a donc trouvé la quantité d'air qu'il faloit enfermer avec le mercure, pour le faire descendre à la hauteur donnée de sept pouces, & on a prouvé la nécessité de cet effet par ses véritables causes; ce qu'il faloit faire.

Que si on proposoit le problême en cette sorte, *étant donnée la quantité de l'air enfermé avec le mercure avant l'expérience*, (comme, par exemple, vingt-quatre pouces) *trouver à quelle hauteur le mercure se mettra*; il faudroit emploïer les termes & les notes de l'Algébre en l'analyse, avec un raisonnement continu fondé sur la Géométrie des proportions: ce que les médiocres Algébristes pourront faire assez facile-

ment en posant A pour l'extension de l'air HG, qui se doit faire dans le tuyau; & se servant de l'analogie 24 † A à A, comme 28 à 15—A, dans laquelle vingt-quatre ou AII est l'étenduë de l'air qu'on laisse au-dessus du mercure, A est la dilatation inconnue HG, vingt-huit est le poids de l'atmosphére, 15 est l'étenduë HA, &c.

On voit par cet exemple: premièrement, qu'il y a dans les sciences naturelles un enchaînement & une suite de propositions, de même que dans les Mathématiques; & que la preuve de celles qui sont douteuses, est encore plus difficile:

Secondement, que la méthode de citer les propositions prouvées ou les principes, après les avoir mis par ordre, est la plus commode:

Et enfin, qu'il y a beaucoup de propositions sensibles qu'il est impossible de prouver, sans le secours de la Géométrie & de l'Arithmétique. D'où l'on peut conjecturer qu'il y a plusieurs effets naturels si obscurs, qu'il est impossible ou très-difficile d'en démêler les causes; comme, par exemple, pourquoi la ciguë est vénimeuse, pourquoi une aiguille aimantée se tourne vers le Pole; & que quand quelqu'un seroit assez heureux pour les découvrir, il lui seroit très-difficile de les faire comprendre aux autres: c'est pourquoi il ne faut pas s'étonner si on a fait si peu de progrès jusques à present dans la Médecine, & dans les autres sciences naturelles.

Il ne faut pas pourtant abandonner l'étude de ces sciences: car, comme il a été remarqué dans le second Discours, on peut se contenter d'avoir une certitude entière de l'existence des effets par des observations exactes, lorsqu'on n'en peut découvrir les causes par un raisonnement certain, fondé sur des principes inconteſtables. C'est même une erreur de vouloir raisonner, & tâcher de prouver par des conjectures, quand on peut s'éclaircir par une induction facile. Une experience d'une heure nous instruit souvent davantage que des raisonnemens de plusieurs années: & puisqu'il n'y a point d'autres démonstrations en Physique, que celles qui sont fondées sur des expériences certaines par des conséquences infaillibles qu'on en tire, soit qu'on y emploïe des propositions intellectuelles ou non; il s'ensuit que lorsqu'on peut avoir des expériences, il n'est pas nécessaire de chercher d'autres moiens pour prouver la vérité des faits.

Outre ces diverses sortes ou méthodes de prouver, il y en a encore une autre qui se fait par interrogations & réponses, laquelle a été fort en usage parmi les anciens Philosophes, comme *Platon*, *Xenophon*, & *Ciceron*, & qui est fort propre pour surprendre & faire tomber en erreur ceux à qui on parle; mais on ne s'en servoit ordinairement que dans les choses vrai-semblables.

Enfin toutes ces régles servent de peu, si on ne les met en usage, & si on ne s'exerce souvent à faire plusieurs démonstrations, soit pour nous instruire nous-mêmes, soit pour persuader aux autres les véritez qui nous sont connues.

Quel-

Quelquefois on ne peut pas prouver les choſes invinciblement ; mais pour ne demeurer pas dans l'incertitude, on ſe contente d'une preuve vrai-ſemblable.

Par exemple, quelques-uns diſent que les bêtes n'ont point de ſentiment ni de connoiſſance. Or on ne peut pas prouver abſolument que cela ſoit faux, parce qu'on ne ſçait pas s'il eſt au-deſſus du pouvoir de la nature ou non, de faire une machine qui faſſe les mêmes actions qu'un ſinge, ſans avoir aucun ſentiment. Mais, ſuivant le quarante-ſeptieme principe, puiſque les bêtes ont des yeux & des oreilles comme nous, qu'elles ſe plaignent comme nous quand on les bleſſe, qu'elles font choix comme nous des viandes, &c; & que nous ſommes aſſûrez que nous faiſons ces choſes par le ſentiment & par la connoiſſance; on doit inférer & croire que les bêtes ont auſſi du ſentiment, & une connoiſſance qui a quelque rapport à la nôtre, à moins qu'on n'apporte une démonſtration claire & évidente du contraire.

Que ſi, une propoſition étant bien prouvée, quelqu'un vient à la nier: ou il la nie contre ſa créance; ce qui arrive aux eſprits contentieux; & alors, ſoit qu'il nie les principes ou les conſéquences des principes, il ne faut plus diſputer contre lui, ſelon la propoſition dixième, car il pourroit nier de même toutes les autres preuves; il ne faut pas auſſi entreprendre de lui faire avouer qu'il a tort, & il ſuffit que ceux qui ſont préſens, le connoiſſent: ou il la nie pour n'avoir pas bien remarqué la connexité des propoſitions; ce qui arrive ſouvent dans les démonſtrations des Mathématiques, ſoit à cauſe de l'embaras des lignes & des figures, ſoit à cauſe du grand nombre des conſéquences; & en ce cas il faut recommencer le raiſonnement, & même changer l'ordre & les termes de la démonſtration.

Que ſi l'on connoît qu'il ſoit incapable d'être perſuadé, il faut auſſi ceſſer la diſpute.

QUATRIÈME DISCOURS,

Des faux raiſonnemens & des autres cauſes de nos erreurs, & de ce qu'il faut obſerver pour ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

C'Eſt ici la plus utile & la plus importante partie de la Logique, car les autres ne ſont guéres néceſſaires qu'à ceux qui font profeſſion d'établir les ſciences, & de trouver les véritez cachées, pour les enſeigner aux autres; mais tous les hommes ont intérêt de ne ſe laiſſer pas ſurprendre par de faux raiſonnemens, ou par de fauſſes apparences.

Les faux raiſonnemens s'appellent des ſophiſmes, quand on les fait à deſſein de ſurprendre ceux à qui on parle; & on les appelle des paralogiſmes, quand on les fait par erreur. On ne ſe ſervira ici que du nom de ſophiſme, & même on comprendra ſous le nom de ſophiſme tout ce qui nous fait tomber en erreur, ou qu'on emploïe pour éluder la juſteſſe de nos raiſonnemens; & en ce ſens un clin d'œil, un mouvement de tête, &c. peuvent être pris pour des ſophiſmes, de même que les fauſſes apparences qui nous viennent des ſens ou de l'imagination. Enfin tout ce qui peut être dit, penſé, ou fait, pour détruire une vérité, ou pour établir une fauſſeté, ſera ici appellé un ſophiſme.

On peut donc conſidérer de deux manières de ſophiſmes.

La première conſiſte dans les fauſſes apparences.

La ſeconde, dans les faux raiſonnemens. On diviſera, pour cette raiſon, ce dernier Diſcours en deux articles.

Dans le premier on tâchera de faire connoître les erreurs qui nous viennent des fauſſes apparences, & les moïens de les éviter.

Dans le deuxième on traitera des faux raiſonnemens, & on donnera des régles pour les refuter, ou du moins pour ne s'y laiſſer pas ſurprendre.

ARTICLE PREMIER.

Des fauſſes Apparences.

LA plûpart des fauſſes apparences procédent, ou des mauvaiſes diſpoſitions de nos ſens & de notre imagination, ou de leur inſuffiſance naturelle à nous bien repréſenter les choſes: & parce que quelques Philoſophes prennent occaſion de ces fauſſes apparences, de rejetter toutes les ſciences; il eſt à propos d'établir ici quelques hypothèſes, pour pouvoir expliquer à peu près comme ſe font nos ſenſations & nos penſées, afin de pouvoir découvrir les cauſes des erreurs où elles nous engagent, & les moïens de nous en défendre; & même de faire ſervir ces fauſſes apparences, s'il ſe peut, à découvrir la vérité.

I. HYPOTHÈSE.

Lorſque les nerfs, qui ſont les principaux organes de nos ſenſations, ont reçû quelques mouvemens par l'action d'un objet, ces mouvemens ſont portés & communiqués aux parties du cerveau, d'où les nerfs tirent leur origine; & à l'occaſion de ces mouvemens, la ſenſation de cet objet ſe fait en nous. Ainſi la flamme d'une chandelle étendant ſes rayons juſques au fond de nos yeux, où eſt la membrane appellée choroïde, qui contient les nerfs de la vûë, ces rayons y excitent de certains

tains mouvemens & impreſſions qui ſont continués juſques aux parties du cerveau où aboutiſſent ces nerfs ; & à l'occaſion de ces mouvemens, il nous paroît une flamme hors de nous, c'eſt-à-dire, que nous appercevons & voïons cette flamme de la chandelle hors de nous en un certain lieu à peu près, en ſorte que nous pouvons aller y porter la main. De même, s'il y a une petite cloche à une diſtance médiocre, ſur laquelle quelqu'un frappe avec un corps dur, les friſſonnemens & tremblemens des parties de cette cloche excitent de petits friſſonnemens à peu près ſemblables dans les parties de l'air qui la touchent, qui en produiſent d'autres ſucceſſivement dans les autres parties de l'air plus éloignées de la cloche, juſques au dedans de nos oreilles, où ſont les nerfs de l'ouïe, leſquels étant ebranlés par ces mouvemens, les communiquent aux parties du cerveau où ils aboutiſſent ; & à l'occaſion de ces mouvemens, il nous paroît hors de nous ce que nous appellons le ſon d'une cloche, de manière que nous jugeons à peu près où eſt cette cloche, & que nous pouvons y aller les yeux fermés, & porter la main deſſus. Il arrive auſſi que lorſque les nerfs de la vûë ont reçû de fortes agitations & impreſſions, ils les conſervent un peu de tems ; ainſi lorſqu'on ferme les yeux incontinent après qu'on a regardé le ſoleil, il nous paroît encore durant quelque tems une eſpéce de lumière qui s'efface peu à peu. On pourra expliquer de même à peu près les autres ſenſations.

II. HYPOTHÈSE.

Soit que les fibres des organes des divers ſens aient des ſtructures différentes, ou que les mouvemens qui s'y excitent, ſoient diſſemblables ou par quelque autre cauſe ; ils ne reçoivent pas les impreſſions des mêmes objets d'une même manière. Le ſoleil agiſſant ſur les nerfs de la main, y cauſe le ſentiment de la chaleur ; & dans les nerfs de la vûë, celui de la lumière : le ſucre paroît blanc à la vûë, âpre au toucher, doux à la langue. Les nerfs de la vûë émûs par quelque cauſe que ce ſoit, comme lorſqu'une humeur acre tombe deſſus, ou qu'un coup violent les offenſe, repréſentent des couleurs & de la lumière ; & ceux de l'ouïe repréſentent des ſons, de quelque façon qu'ils ſoient émûs ; les nerfs du goût ne repréſentent que des ſaveurs, &c.

III. HYPOTHÈSE.

Lorſque les parties du cerveau auxquelles les nerfs communiquent les mouvemens qu'ils reçoivent des objets, aiant été émues & agitées, nous avons apperçû cet objet ; il demeure dans ces parties du cerveau, une diſpoſition à être émues par des mouvemens à peu près ſemblables, par le moïen deſquels mouvemens, lorſqu'ils s'excitent par quelque cauſe que ce ſoit, cet objet quoiqu'abſent nous eſt repréſenté, &

cette repréſentation ſe fait en deux manières. Dans l'une, l'objet nous paroît de meme que dans les ſenſations; ce qui nous arrive dans les ſonges & dans les délires: & cette apparence de ſenſation ſe fait en nous, lorſque les mêmes parties du cerveau qui ont été émues par les objets preſens, ſe meuvent encore de la même manière, quelle que puiſſe être la cauſe qui excite ces mouvemens.

L'autre manière de repréſentation ſe fait par des mouvemens un peu diſſemblables à ceux qui ont été produits par les objets préſens, ſoit dans les mêmes parties du cerveau, ſoit en d'autres parties: comme lorſqu'après avoir vû une roſe, nous fermons les yeux, & que cette roſe nous eſt repréſentée, non pas préciſement comme elle nous a paru, & avec autant de force & d'éclat; mais d'une façon qui nous touche bien moins, & qui eſt d'ordinaire beaucoup moins exacte, tant à l'égard de la figure, que de la couleur, &c. en ſorte que nous pouvons diſtinguer facilement la vûë de la roſe d'avec cette repréſentation, au lieu que ceux qui ſont en délire, ne remarquent point de différence entre l'apparence que leur produit un objet préſent, & celle qui eſt produite par la première manière de repréſentation. Il y a encore cette différence entre ces deux ſortes de repréſentation, que la première ne dépend point de notre volonté, & que nous ne pouvons l'exciter quand nous voulons, du moins cela arrive très-rarement, & à très-peu de perſonnes; mais la ſeconde en dépend en quelque façon, & nous pouvons preſque toujours, quand nous voulons, nous repréſenter ce qui eſt tombé ſous nos ſens, par cette repréſentation obſcure, comme il a été remarqué en la propoſition 64. D'où il ſuit que ces deux manières de repréſentation différent davantage que du plus & du moins.

La dernière ſe fait encore en deux façons: car quelquefois elle ſe fait avec les principales circonſtances des tems & des lieux, &c. auxquels les objets nous ont paru, & alors elle s'appelle ordinairement mémoire: mais quand on ſe repreſente des choſes ſans aucunes circonſtances, comme quand on ſe repréſente une roſe ſans déſigner aucune des roſes qui nous ont paru en de certains tems & lieux; cette manière de repréſentation s'appelle imagination. Ainſi, quand on recite pluſieurs vers qu'on ſçait, ſelon la ſuite qu'on les a lûs, c'eſt un effet de la mémoire; & lorſque par la reſſemblance de ceux qu'on ſçait, on en fait de nouveaux, c'eſt un effet de l'imagination. Quand on s'applique à ces repréſentations de mémoire ou d'imagination, cette application s'appelle penſée: mais ſouvent on confond la ſignification de ces noms; & penſer à une choſe, en avoir l'idée ou la repréſentation, la concevoir, s'en ſouvenir ou en avoir la mémoire, l'imaginer ou l'avoir dans l'imagination, ſe prennent ſouvent à peu près pour la même choſe.

Dans toutes ces ſortes de repréſentations, & même dans les ſenſations, il eſt vrai-ſemblable que ce n'eſt pas aſſez que le cerveau ſoit modifié, ou l'eſprit-même, par les actions des objets ſur les ſens, pour for-

former les ſenſations ou les idées; mais qu'il eſt néceſſaire que l'eſprit apperçoive cette modification, & qu'il s'y applique par quelque eſpéce d'action.

IV. HYPOTHÈSE.

Lorſque nous voulons nous ſouvenir ou penſer à quelque choſe, il ſe fait un effort dans le cerveau, par lequel quelques-unes de ſes parties ſont agitées de la manière qu'il faut qu'elles le ſoient, pour nous faire avoir ou concevoir l'idée ou la repréſentation de cette choſe; & ce que nous appellons raiſonnement, ſe fait quand nous nous appliquons à faire naître pluſieurs idées de ſuite de diverſes choſes pour les comparer enſemble, & en tirer des conſéquences: & non ſeulement on peut imaginer & ſe repréſenter volontairement un objet qu'on a vû; mais on en peut imaginer pluſieurs ſemblables joints enſemble, quoiqu'on n'en ait vû qu'un ſeul. On peut auſſi joindre les idées de pluſieurs choſes différentes, comme, ſi on a vû une tour & du cuivre, on peut avec deſſein ſe repréſenter une tour de cuivre, & en concevoir l'idée. Et même on peut ſéparer par la penſée, c'eſt-à-dire, imaginer ſéparément une qualité commune à pluſieurs choſes: ainſi on peut penſer à la rougeur, après avoir vû cette couleur en pluſieurs fleurs & fruits, &c. ſans penſer à aucune de ces choſes; on peut former l'idee de l'amertume, ſans penſer à aucune des choſes améres.

V. HYPOTHÈSE.

Les idées ou repréſentations ſont les principes de tous nos diſcours, & de tous nos raiſonnemens; mais elles n'en ſont pas les objets: c'eſt-à-dire, que quand nous parlons des choſes que nous avons connues par les ſens, nous n'entendons pas parler des idées qui nous les repréſentent (ſinon lorſque ces idées ſont le ſujet de noſtre diſcours); de même que lorſque nous voïons un objet, ce n'eſt pas le mouvement du cerveau qui nous le fait voir, ni l'image de cet objet que nous voïons, qui eſt peinte au fond de nos yeux: mais ces mouvemens ſont les principes de la viſion; & c'eſt par leur moïen que les corps lumineux ou illuminés nous paroiſſent.

Ces hypothéſes ou ſuppoſitions étant reçûes, ou quelques autres à peu près ſemblables, il eſt aiſé de juger que nos connoiſſances, ou du moins la plûpart de nos connoiſſances, dépendent des impreſſions que nous avons reçûes des objets par les ſens, & de la faculté que nous avons d'en concevoir les idées, c'eſt-à-dire, de nous les repreſenter par la mémoire ou par l'imagination; & que ſi nos ſens ſont peu fidéles, & nos imaginations peu juſtes, nous tomberons néceſſairement en pluſieurs erreurs, ſi nous n'avons pas l'adreſſe de ſuppléer par le raiſonnement à ces défauts.

L'Op-

L'Optique nous enſeigne que lorſque nous tournons les yeux vers un point lumineux ou illuminé, il paſſe par la prunelle de chaque œil, c'eſt-à-dire, par l'ouverture de l'uvée, pluſieurs rayons venans de ce point, leſquels ſe reüniſſent au-delà du cryſtallin & de l'humeur vitrée ſur un point de la membrane concave où ſont les nerfs de la viſion; & que ce point lumineux eſt vû dans la ligne droite tirée de ce point de réünion par le centre de la cornée, laquelle ligne, en chaque œil, eſt appellée l'axe de la vûë: de manière que les deux yeux étant tournés directement vers ce point lumineux, ces lignes viſuelles aboutiſſent au point lumineux; & par cette raiſon, on le voit au même endroit où il eſt.

De cette diſpoſition naturelle des yeux procédent pluſieurs fauſſes apparences. Car, ſi on frotte le coin de l'œil la nuit, il nous paroît une petite lumiere vers le côté oppoſé: & s'il y a un miroir, comme TAB. XXV. Fig. 6. AB, qui reçoive les rayons DH, DE, du point lumineux D, & les réflechiſſe ſur les deux yeux en G & C, ſelon les lignes droites HG & EC; les axes des yeux étant diſpoſés ſelon ces lignes, ce point paroîtra dans leur concours au point F au-delà du miroir, quoiqu'il ſoit en D: & ſi ABLN eſt un corps tranſparent, & D un point illumi- TAB. XXV. Fig. 11. né; les rayons DH, DF, ſe rompront, rencontrant la ſurface AB, & paſſeront dans l'air ſelon les lignes FC, HG: & les deux yeux étant en C & G, verront le point D au point E, où eſt le concours des deux lignes droites CF, GH; & on ſe pourra tromper en la ſituation de ce point, ſi on ignore les régles de la réfraction. C'eſt de là que procéde cette fauſſe apparence ſi ſouvent redite par les Philoſophes, d'un bâton droit qui paroît courbe étant en partie plongé dans l'eau: car ſuppoſé que la ligne droite MKD ſoit le bâton, il paroîtra ſelon la courbure MKE aux yeux en C & G; à cauſe que le point D paroît en E, & les autres points de la ligne DK en des points de la ligne EK.

On fait auſſi un faux jugement à l'égard des miroirs, quand on dit que c'eſt l'image des objets qu'on y voit: car on les voit auſſi véritablement que par la vûë directe; c'eſt-à-dire, que les mêmes rayons qui TAB. XXV. Fig. 6. feroient voir l'objet D aux yeux en L & M, ſi le miroir étoit ôté, le font voir par reflexion au-delà du miroir en F, aux yeux qui ſont en C & G; & par conſéquent on ne devroit pas appeller image, ce qu'on voit par réflexion.

Les yeux ne peuvent auſſi diſcerner les figures des très-petits objets vûs de près, ou des grands vûs de très-loin, comme il a été remarqué dans la propoſition 35; parce que l'endroit où ſe réüniſſent les rayons, n'occupe pas aſſez de place au fond de l'œil pour y faire ſentir de la diſtinction; & on ſe pourroit tromper, ſi on entreprenoit de juger de la figure de ces objets. C'eſt par cette raiſon que l'étoile de Vénus nous ſemble ronde en la regardant avec les yeux ſeuls, quand elle nous paroît

roît en croiſſant par le moïen des lunettes d'approche qui en agrandiſſent l'apparence. On ne parle pas auſſi dans l'exactitude, lorſqu'on dit que le ſoleil eſt lumineux ; car cette apparence n'eſt que par rapport au ſens de notre vûë, ſelon le principe 30. Il en eſt de meme, lorſqu'on dit qu'on voit des objets, comme une roſe, une maiſon, &c. car on ne voit proprement que la lumiére des corps lumineux reflechie ſur ces objets ; mais cette lumiere recevant des différentes modifications en pénétrant un peu les ſurfaces des objets différens, & ſe réfléchiſſant enſuite vers nos yeux, nous y fait paroître des couleurs différentes, qui nous déterminent à peu prés leurs grandeurs & leurs figures, & nous les font diſtinguer les uns des autres ; & c'eſt une choſe merveilleuſe que de fort petites différences dans l'arrangement des particules qui compoſent les ſurfaces des fleurs & des feuilles d'une plante, nous les faſſent voir ſous des couleurs ſi différentes de blanc, de bleu, de rouge, &c. On peut pourtant avec quelque raiſon dire qu'on voit ces choſes, puiſqu'on diſcerne à peu prés leurs figures, & qu'il y a quelque choſe en elles qui nous fait paroître une couleur plûtôt qu'une autre ; quoique véritablement rien ne ſoit viſible que le ſoleil & les autres corps lumineux ; & que nous ne puiſſions même diſtinguer les différens tiſſus des ſurfaces des objets, qui nous les font paroître de différentes couleurs. Il eſt même croïable que les couleurs ne paroiſſent pas préciſément de même à tous les hommes ; car ſouvent l'un des yeux ne les voit pas de meme que l'autre. Les differentes lumiéres en changent auſſi les apparences : le gris de lin vû auprés du feu eſt beaucoup différent de ce qu'il paroît au ſoleil ou à la lune ; & ce qui paroît jaune au ſoleil, paroît verd à la lumiére de ſoufre ou de l'eſprit de vin.

Lorſque les objets ſont fort éloignés, on ſe trompe dans leurs grandeurs & dans leurs diſtances ; mais ces erreurs ſe peuvent corriger aſſez facilement par la Géométrie & par l'Optique : comme, encore que la lune ne nous paroiſſe que d'un pied de diamétre, on la jugera beaucoup plus grande, lorſqu'elle ſe levera derriére quelque montagne qu'on ſçaura etre éloignée d'environ 50 lieuës ou cent mille toiſes : car s'il y a une maiſon de cinquante pieds de longueur diſtante de mille toiſes, & que la lune, en ſe levant, paroiſſe occuper un eſpace auſſi large que cette maiſon ; ceux qui ſçauront qu'un petit objet en couvre un grand ſelon la proportion des diſtances, connoîtront que puiſque la lune eſt alors éloignée de plus de cent fois davantage que cette grandeur de cinquante pieds, elle doit avoir par conſequent ſon diamétre cent fois plus grand que cinquante pieds, c'eſt-à-dire, plus grand que cinq milie pieds ; & par d'autres obſervations que la vûë nous peut fournir, on pourra aſſurer qu'elle eſt de plus de cinq cens lieuës de diamétre.

On fera de même à l'égard du ſoleil & des autres corps éloignés. Et parce qu'on objecte que rien ne paroît ſous ſa véritable grandeur, &

qu'on n'en peut faire aucun jugement certain, on en demeurera d'accord; mais on peut avoir une meſure réelle de cuivre ou d'argent, qu'on appellera un pied ou une coudée, &c. à laquelle on rapportera toutes les grandeurs, & deſquelles on jugera par rapport à celle-là, qui ſera déterminée.

L'ouïe a beaucoup de rapport à la vûë: car elle ſe fait ſelon des lignes droites; & on juge à peu près de l'éloignement, & de l'endroit où ſe fait un ſon, quand il n'y a que de l'air entre-deux.

Nous pouvons auſſi tomber par ce ſens en quelques erreurs ſemblables à celles de la vûë.

La première eſt, que l'on croit communément que le ſon ſoit, par exemple, dans la cloche qu'on entend, & qu'elle eſt ſonnante; au lieu que, ſelon le principe vingt-neuvième, elle n'a qu'un ſimple mouvement & friſſonnement de ſa matière, laquelle agitant l'air contigu, & enſuite les nerfs de l'ouïe, nous fait avoir l'apparence de ce que nous appellons ſon ou bruit, comme nous recevons l'action du corps lumineux ſous l'apparence de lumière.

Les ſons ſe diſtinguent par aigu & grave, & l'aigu eſt produit tant par la viteſſe du corps qui frappe l'air, que par ſa petiteſſe. Ainſi, une corde de lut, étant tendue davantage, produit un ſon plus aigu, parce que ſes battemens ſont plus vîtes; & un boulet de canon, paſſant par l'air, fait un ſon plus grave que celui que fait une balle de mouſquet, qui va de même viteſſe.

Lorſque les petites vagues ou friſſonnemens de l'air qui portent le ſon, ſe réfléchiſſent contre un mur ou contre quelque autre corps dur, & vont enſuite frapper les oreilles; le ſon nous paroît venir de l'endroit qui eſt directement au-delà des points de réflexion; & on juge le ſon au-delà du mur par une raiſon ſemblable à celle par laquelle on juge qu'un objet qu'on voit par réflexion, eſt au-delà du miroir; & on a autant de tort d'appeller image de la voix, le ſon qui vient aux oreilles par réflexion, que de dire qu'on voit l'image du ſoleil, quand on le voit par réflexion dans l'eau ou dans un miroir.

Quand nous recevons la voix par une fenêtre ouverte éloignée de nous, ou par le tuyau d'une cheminée, nous ne pouvons juger de quel côté vient la voix, parce qu'elle nous paroît toûjours dans la continuation des lignes droites, par leſquelles l'impreſſion ſe fait.

L'odorat ſe fait par des émiſſions de certaines petites vapeurs & exhalaiſons, qui ſortant des corps, & entrant dans le nez, font leur impreſſion ſur une membrane délicate qui y eſt, où ſont les nerfs de l'odorat, & par ce moïen nous ſentons ces petites vapeurs; & parce qu'elles ſont inviſibles, nous attribuons l'odeur au corps d'où elles ſortent, quoiqu'il n'agiſſe aucunement ſur notre odorat: & c'eſt par cette raiſon qu'il eſt difficile de déviner par l'odeur, où eſt le corps qui la produit, à cauſe que ces vapeurs ne vont pas en lignes droites, & qu'elles

ſe

ſe meuvent de toutes parts, & ſelon les vents. Les chiens de chaſſe montrent pourtant à peu près où eſt le gibier qu'ils ſentent.

On ne parle pas exactement, quand on dit que les choſes ont une bonne odeur ; car ce n'eſt que par rapport aux organes de l'odorat, comme il eſt marqué en la propoſition 30.

Le goût ne diſcerne proprement que la douceur, l'amertume, le ſalé, l'acre & le piquant, &c. Et ce qui fait le principal agrément des viandes, eſt l'odorat ; car quand on les mange, les vapeurs paſſent dans le nez par un petit conduit qui répond au palais ; & on ſe trompe, quand on attribue au goût la bonté des fraiſes & des mouſſerons. Il ne faut pas croire que la ſaveur ſoit réellement dans les viandes ; mais ſeulement qu'elles ſont diſpoſées à produire en nous les différentes ſaveurs que nous y trouvons, conformément à la propoſition 30.

Le ſens de l'attouchement eſt diſpoſé à nous faire ſentir de la douleur dans les endroits de notre corps, où nous avons quelque bleſſure ; & nous ne faiſons pas un faux jugement, quand nous croïons que le mal eſt où nous ſentons la douleur, quoique le principe de toutes les ſenſations ſoit dans le cerveau. Ce ſens eſt auſſi diſpoſé à nous faire trouver froid tout ce qui a une chaleur moindre que la nôtre, & chaud ce qui en a une plus grande ; & c'eſt par cette raiſon que le froid nous paroît quelque choſe de poſitif, quoique l'on puiſſe croire que ce n'eſt qu'une privation ou une diminution de chaleur.

Lorſque nous plions deux doigts d'une même main en croix, & que nous mettons entre les deux extrémitez une petite boule, elle nous paroît double ; parce que les nerfs qui ſont dans les doigts, portent au cerveau les mêmes impreſſions, que lorſqu'étant en leur ſituation ordinaire, ils touchent deux petites boules.

Enfin les erreurs des ſens ſont faciles à connoître ; & on auroit tort de s'en mettre beaucoup en peine, puiſqu'elles arrivent rarement, & qu'on les peut corriger facilement. On doit plûtôt admirer, qu'encore que toutes nos ſenſations ſe faſſent par des mouvemens de certaines parties du cerveau, la vûë & l'ouïe nous puiſſent faire paroître les choſes hors de nous à de très-grandes diſtances, & à peu près où elles ſont. On peut même dire que les erreurs des ſens nous ſont avantageuſes : car l'apparence du ſon, dans les cordes d'un lut, nous chatouille l'ouïe ; & les fauſſes couleurs des fleurs, de l'arc-en-ciel, &c. nous plaiſent beaucoup plus que ſi nous n'appercevions par-tout que l'image du ſoleil par réflexion, ou qu'elle nous fît voir les différens tiſſus des ſurfaces des corps.

Quoique nous ſoïons détrompés des faux jugemens du vulgaire, touchant les ſenſations ; il ne faut pas laiſſer d'en parler comme les autres, & il ne faut pas s'obſtiner à combattre les apparences naturelles que nous donnent les ſens. Ainſi nous dirons que le feu eſt chaud,

que le ſoleil eſt lumineux, que le ſucre eſt doux, que la neige eſt blanche, que les cloches ſonnent, qu'un lut produit une agréable harmonie, &c. Et il ſuffit de ſçavoir, une fois pour toutes, de quelle façon, & par quelles manières les choſes nous paroiſſent comme elles nous paroiſſent. Enfin, on jugera facilement, que ſi les organes des ſens ſont mal diſpoſés, ils ne repréſenteront pas les choſes à l'ordinaire. Ainſi quand les muſcles des yeux ſeront trop foibles pour tourner leurs axes vers un même point, on le verra double; ſi la langue eſt imbibée de quelques humeurs billeuſes, on trouvera le vin amer, &c. Ces fauſſes apparences de nos ſens étant connues par ces raiſons, & par quelques autres qu'on pourra découvrir avec un peu de ſoin, elles ne feront aucun préjudice à l'établiſſement des ſciences; elles pourront même y contribuer, pourvû qu'on en ſçache bien les cauſes par pluſieurs expériences exactes, & qu'on ſçache bien conduire ſon raiſonnement par les ſciences intellectuelles, & par les principes 29 & 30.

Ce qui vient d'être dit à l'égard des ſens, nous peut faire connoître que l'imagination eſt inſuffiſante pour nous bien repréſenter les choſes, qu'elle a beaucoup moins de clarté & d'exactitude que les ſenſations, & qu'elle nous engage dans les mêmes erreurs. Car de même que la vûë nous fait bien diſcerner le nombre de cinq ou ſix pierres miſes de ſuite, & que s'il y en a cinquante ou ſoixante, elle ne peut nous faire diſcerner ce nombre d'un autre un peu moindre, ou un peu plus grand; ainſi l'imagination nous fait bien concevoir cinq ou ſix pierres enſemble poſées de ſuite, mais elle ne peut en faire concevoir diſtinctement cinquante ou ſoixante, ſinon par la mémoire, quand on les a comptées. De même nous pouvons nous ſouvenir d'avoir mis cent jettons dans une bourſe, après les avoir comptés; mais notre imagination ne peut nous faire concevoir diſtinctement cent jettons enſemble, non plus que notre vûë ne pourroit nous faire diſcerner ce nombre de jettons, s'ils étoient épanchés ſur une table. Nous ne pouvons auſſi former l'idée d'une figure régulière d'un grand nombre de côtez, par exemple, de cent: & quoique par l'application de certaines régles de Geométrie dont nous nous ſouvenons, nous en puiſſions dire quelques propriétez par nos diſcours, comme, que tous les angles intérieurs de cette figure ſont égaux à cent quatre-vingts-ſeize angles droits, il ne s'enſuit pas que nous aïons une idée diſtincte de ces cent côtez; car même nous ne pouvons concevoir diſtinctement cent quatre-vingts-ſeize angles droits. La même choſe nous arrive à l'égard de beaucoup d'autres objets; car nous n'en formons que des idées confuſes. Celles que nous avons de nous-mêmes, eſt du nombre: celui qui parle de ſoi, confond & méle enſemble les idées de ſon corps, de ſon eſprit, de ce qu'il ſçait, de ce qu'il peut, & de la plûpart des autres choſes qui le concernent: c'eſt pourquoi nous nous trompons ſouvent en l'opinion de nous-mêmes. Les idées des choſes infinies ſont très-obſcures: car nous les fondons

dons ſur les idées des choſes finies, en concevant leurs extrémitez; & quoique nous en parlions ſans erreur, ce que nous en concevons, n'a rien de poſitif: ceux-mêmes qui nous écoutent, reçoivent ſouvent des idées différentes des choſes dont nous parlons.

Nous connoiſſons ſi peu notre eſprit, c'eſt-à-dire, ce qui eſt en nous le principe actif de la penſée, que lorſque nous parlons de ſon étenduë & de ſes facultez, nous ne pouvons nous accorder. On confond même les idées des choſes avec les idées des paroles avec leſquelles nous les exprimons. En voici un exemple. Pluſieurs Logiciens très-célébres diſent qu'il y a quatre opérations de l'eſprit; concevoir, juger, raiſonner & ordonner: ils appellent concevoir la ſimple idée d'une choſe; & juger, lorſqu'on affirme ou qu'on nie quelque autre idée de cette premiére idée, &c. Or il ſemble que cet ordre ne ſe doit pas rapporter aux opérations internes de l'eſprit: car, lorſque nous avons vu une roſe rouge; la plus ſimple conception & la plus naturelle eſt lorſque ſans effort elle ſe repréſente à nous à peu près comme nous l'avons vûe, c'eſt-à-dire, rouge, avec pluſieurs feuilles d'une certaine grandeur & d'une certaine figure; & ainſi quand nous diſons que cette roſe rouge eſt rouge, qu'elle a pluſieurs feuilles, &c. nous ne faiſons qu'exprimer par nos paroles la premiére & la plus ſimple opération de notre eſprit. Mais ſi nous voulons attribuer quelque qualité ou quelque action à une roſe au-delà de ce qui eſt contenu ſous cette premiére idée, comme, qu'elle eſt rafraîchiſſante; alors le jugement que nous en faiſons, eſt ordinairement précédé de pluſieurs raiſonnemens, & par conſéquent il ne peut pas être la ſeconde opération de notre eſprit. Mais il eſt vrai qu'un nom, comme la roſe, conſidéré ſeul; eſt la premiére & la plus ſimple partie de nos diſcours; qu'en lui joignant quelque nom d'attribut, on fait une propoſition qui eſt la ſeconde choſe qu'on peut conſidérer dans l'expreſſion de nos penſées; que le raiſonnement ſe fait enſuite par l'aſſemblage de pluſieurs propoſitions; & qu'enfin on fait un diſcours ou un livre entier de pluſieurs raiſonnemens mis par ordre.

A l'égard des opérations internes de l'eſprit, voici l'ordre qu'on y peut remarquer.

La premiére eſt le ſouvenir ou l'imagination d'une choſe que nous avons apperçûe par les ſens, de la même maniére qu'elle nous a paru.

La ſeconde eſt la compoſition, c'eſt-à-dire, l'action de l'eſprit, par laquelle il joint enſemble pluſieurs idées de choſes différentes, comme lorſque nous concevons un animal aiant une tête d'homme, un corps de lion, & des aîles d'aigle.

La troiſiéme eſt l'abſtraction ou ſéparation, c'eſt-à-dire, l'action par laquelle nous ſéparons quelque qualité d'une idée totale, ſans penſer aux autres qualitez, ni à la ſubſtance-même qui a cette qualité: comme, quand nous penſons à la rougeur, ſans penſer aux roſes, aux pa-

vôtes & aux autres ſubſtances où nous avons remarqué de la rougeur; que nous penſons à l'étenduë, ſans penſer à la matière; que nous penſons aux nombres, ſans penſer aux choſes nombrées.

La quatrième opération de l'eſprit eſt le raiſonnement, c'eſt-à-dire, l'action interne par laquelle nous examinons les rapports des choſes entr'elles, ou leurs différences, &c. pour en tirer quelques conſéquences: comme lorſqu'après avoir conſidéré abſtractivement la rondeur, & remarqué pluſieurs de ſes propriétez, nous examinons enſuite ſi ces propriétez conviennent à la terre ou non.

Le jugement, comme, *la terre eſt ronde*, eſt la concluſion d'un raiſonnement; & on le peut conſidérer comme ſa principale partie, ou le prendre, ſi l'on veut, pour une cinquième opération de l'eſprit.

L'action interne par laquelle nous méditons l'ordre & la diſpoſition de pluſieurs raiſonnemens pour faire un long diſcours ou un livre, doit être rapportée à la quatrième opération; car elle n'en eſt différente que comme du plus au moins, puiſqu'il nous faut auſſi méditer l'ordre & la diſpoſition des propoſitions qui doivent ſervir à une preuve.

La queſtion célébre, ſi toutes nos idées viennent de nos ſens, eſt difficile à réſoudre. Quelques-uns ſoûtiennent que nous avons une idée claire & diſtincte de la penſée, & que cette idée ne procéde pas des ſens. Mais cette propoſition eſt équivoque; car elle confond l'exiſtente de la penſée avec ſon eſſence: l'idée que nous avons de l'exiſtence de la penſée, eſt certaine & diſtincte; mais celle que nous avons de ſa nature & de ſon eſſence, eſt très-obſcure & incertaine. Pour bien examiner cette queſtion, il faut conſidérer qu'outre les impreſſions que les ſens font dans notre cerveau, il s'en fait par le chagrin, par la colére, par l'inquiétude, par la joie, &c. qui accompagnent d'ordinaire nos penſées, & qui ſont une eſpéce de ſentiment de douleur ou de plaiſir, dont nous confondons les idées avec le ſouvenir des choſes que nos penſées nous ont repréſentées: d'où vient que quand nous parlons de nos penſées, nous les conſidérons à peu près comme des actions que nous avons faites, & nous nous ſouvenons fort bien que nous avons eu des penſées: mais nous ne ſçavons aucunement comme elles ſe forment; ſi c'eſt par des traces que les impreſſions des objets laiſſent dans le cerveau, ou par des mouvemens de quelques-unes de ſes parties; quelles ſont ces parties, & leurs manières de ſe mouvoir; ſi les penſées ſont des modifications de l'ame, ou ſeulement ſon application aux modifications du cerveau: d'où il ſuit que nous n'avons point d'idée claire de la nature & de l'eſſence de la penſée, mais ſeulement de ſon exiſtence, à cauſe du ſentiment intérieur par lequel nous connoiſſons que nous penſons, comme nous connoiſſons que nous parlons, ou que nous écrivons. C'eſt ce ſentiment intérieur qui nous fait reconnoître les choſes que nous avons déja vûes, comme il a été remarqué en la propoſition 65: ainſi quand nous rencontrons dans un livre un endroit

que

que nous avons déja lû, il ſe fait de petits mouvemens de paſſions, qui nous font naître l'idée des paſſions ſemblables que nous avons eues pendant la première lecture; ce qui nous fait connoître que nous avons deja lû cet endroit.

Quoique l'imagination ſoit nommée à cauſe des images, & des figures des choſes apperçûes par les yeux, qu'elle nous repréſente; elle ne laiſſe pas de nous repréſenter les autres ſenſations, mais ſous des idées qui ne ſont nullement des images: comme les idées des odeurs, des couleurs, &c. Le toucher peut toutesfois faire concevoir une figure; mais la plûpart de ces idées, particulièrement celles qui procédent de l'imagination active, ſont ſouvent bien difficiles à expliquer par nos diſcours, & nous diſons auſſi très-ſouvent des choſes que nous ne concevons pas. Il eſt bon de remarquer qu'il y a de fauſſes apparences de l'imagination, qu'il ne faut pas tâcher de détruire; en voici un exemple. Lorſqu'on ouvre la bouche, il eſt certain que ce n'eſt que la partie inférieure qui ſe baiſſe; mais, parce que cette idée pourroit choquer notre imagination, nous ſommes naturellement diſpoſés à croire que nous ouvrons également la bouche vers le haut & vers le bas: c'eſt encore par la même raiſon que, s'il eſt vrai que la terre ſe meuve, l'apparence de ſon mouvement rapide nous eſt cachée, parce qu'elle nous feroit frayeur.

Il paroît par les diſcours précédens, que les fauſſes apparences de nos ſens & de notre imagination ne ſont pas beaucoup conſidérables, & que nous pouvons les corriger par les ſens-memes, & par l'imagination. Ainſi nous pouvons juger par les yeux, qu'il fait plus froid dans les caves en Hiver qu'en Eté, en y portant un thermométre, & remarquant que ſa liqueur s'eléve plus haut au mois d'Août, qu'au mois de Janvier; & nous ſerons aſſûrés de cette vérité, malgré l'inſuffiſance du toucher, pour diſcerner les limites du chaud & du froid.

Si nous ſçavons les régles de la Dioptrique, dont les principes s'établiſſent par des obſervations faites avec les yeux, nous pourrons nous détromper d'une erreur qui nous peut mettre en danger en paſſant une riviére; ſçavoir, que quelques endroits plus profonds que celui où nous ſommes, nous paroiſſent moins profonds par la réfraction.

Enfin il faut ſeulement nous empêcher de juger avec précipitation, & ne nous laiſſer pas ſéduire aux premières apparences, comme ont fait autrefois quelques Philoſophes, qui, pour expliquer les différentes figures de la lune, ſuppoſoient qu'elle n'avoit qu'une moitié lumineuſe, & qu'elle la faiſoit voir ſucceſſivement; & ils ſoûtenoient cette hypothéſe, parce qu'elle leur paroiſſoit poſſible, faute d'en examiner toutes les circonſtances qui les euſſent détrompés. Il faut donc voir & revoir les choſes, y penſer & repenſer à loiſir: car c'eſt par le défaut d'étenduë de notre imagination, que nous ne voïons pas en même tems toutes les circonſtances d'une hypothèſe, & nous devons nous en défier

fier par cette raiſon, comme de la principale cauſe de nos erreurs ; mais nous ne pouvons nous en défendre qu'en examinant à loiſir, s'il n'y a point d'apparence qui repugne à ce que nous ſuppoſons, & s'il n'y a point d'autre ſyſteme plus juſte. Par ces moïens nous pourrons nous délivrer ſuffiſamment des faux jugemens, & des erreurs des ſens & de l'imagination.

ARTICLE II.

Des faux Raiſonnemens.

LEs ſophiſmes qui procédent des faux raiſonnemens, ſont de deux ſortes :

La première eſt, lorſqu'une des propoſitions ſur leſquelles on fonde la concluſion, ou toutes les deux, ſont fauſſes ou douteuſes ; la ſeconde, quand il n'y a point de connexité entr'elles & la concluſion.

Le ſophiſme qui ſe fait, quand les premières propoſitions ſont fauſſes ou douteuſes, s'appelle petition de principe ou ſuppoſition de principe ; & on tombe en ce défaut, lorſqu'on prend une propoſition qui n'eſt point principe ni prouvée, pour un principe ou pour une propoſition prouvée. Comme, ſi on prenoit pour principe cette propoſition, *les contraires ſe guériſſent par les contraires*, on en tireroit une fauſſe conſequence, ſi on vouloit entreprendre de guérir une brulure en y apoliquant de la glace ; car elle ſerviroit ſeulement à rendre froide la partie brulée, mais elle ne la guériroit pas. C'eſt le meme défaut, lorſqu'on veut prouver une propoſition par une autre plus obſcure ou également obſcure, ou qu'on la veut prouver par elle-même en la deguiſant, & changant ſes termes ; ce qui eſt contre les principes 7 & 8. Ainſi la ſixieme propoſition des Méchaniques d'*Archimede* eſt mal prouvée, parce qu'elle eſt prouvée par une autre propoſition plus obſcure : on peut croire que cette propoſition plus obſcure avoit été prouvée ailleurs par *Archimede*, ou par d'autres Auteurs ; & les Géométres modernes doivent ſonger à rétablir cette preuve.

C'eſt le même ſophiſme, lorſqu'on prend pour principe une queſtion de fait qui eſt fauſſe. Ainſi quelques Philoſophes ont pris pour principe, que l'air croit chaud de ſoi-meme ; ce qui eſt manifeſtement contre l'experience : car il ſe refroidit peu à peu, quand les cauſes qui l'échauffent, ſont éloignées ; & on ne peut ſouffrir ſa froideur dans les lieux fort exposés, où la reflexion des rayons du ſoleil a peu de force ; deſquelles experiences on peut conclure par le principe 34, que la chaleur ne lui eſt pas naturelle.

Il faut donc examiner avec beaucoup d'exactitude ces queſtions de fait : car naturellement nous croïons ce qui nous eſt dit, ſelon la propoſi-

poſition 68; & il arrive ſouvent que ſi pluſieurs hommes nous diſent avec paſſion une choſe, nous la prenons pour principe de fait. Par cette même raiſon, les livres imprimés nous perſuadent. Et pour ne vouloir pas prendre la peine d'examiner la vérité d'une propoſition, ou pour n'en être pas capables; ſi un homme d'autorité la propoſe, nous la recevons d'ordinaire pour véritable: ainſi l'opinion des quatre élémens, ſçavoir le feu, l'air, l'eau & la terre, a été reçûe pour vraie depuis 2000 ans, par la plûpart des hommes, quoiqu'elle ſoit contraire à la vérité, & aux expériences exactes, comme il eſt facile de le faire voir. Ce ſophiſme eſt contre les principes 51 & 52.

On doit ici remarquer qu'il y a bien de la différence entre un bon argument, & une bonne preuve: car on peut faire des argumens dont les propoſitions auront de la connexité; mais leurs premières propoſitions n'étant pas des principes, & étant autant ou plus difficiles à croire que la queſtion, le raiſonnement ſera inutile: comme, ſi pour prouver que le marbre eſt inſenſible, on diſoit

Toutes les pierres ſont inſenſibles:
Le marbre eſt une pierre;
Donc le marbre eſt inſenſible;

Car encore que la dernière propoſition ſoit compriſe ſous les deux premières, l'argument eſt inutile, & ne prouve rien par le principe 8, puiſqu'il eſt moins connu que toutes les pierres ſoient inſenſibles que le ſeul marbre. Ce défaut eſt en quelque façon compris ſous la ſuppoſition de principe, puiſque dire que toutes les pierres ſont inſenſibles, comprend la propoſition, *le marbre eſt inſenſible*, qui eſt la queſtion. La plûpart des exemples d'argumens qu'on donne dans les écoles pour les modes des argumens, ſont de cette nature; & il faut prendre garde que par le principe 38 les choſes ſenſibles particulières établiſſent les générales, & non au contraire. On peut auſſi rapporter à la ſuppoſition de principe un défaut de raiſonnement qui ſe fait quand on établit une propoſition par une autre, & qu'enſuite on veut prouver cette dernière par la première; c'eſt ce que les Grecs appelloient Dialléle, c'eſt-à-dire, preuve mutuelle de deux propoſitions l'une par l'autre: on appelle ordinairement ce défaut, cercle de Logique, & il a été remarqué dans le Principe 8.

Quelquefois on prend pour principe une propoſition de fait qui eſt vraie en quelque façon, mais qui eſt fauſſe par le plus ou par le moins: comme, quand on dit que le papier eſt poli, & qu'il devroit ſervir de miroir; il eſt bien vrai qu'il eſt poli, ſi on le compare à quelque choſe de raboteux, mais il ne l'eſt pas comme le verre.

Les ſophiſmes, par le défaut de connexité, ſe font en pluſieurs manières. La plûpart procédent de l'ambiguïté des mots & des façons de parler, ou des différens états des choſes, & des différens rapports qu'elles ont les unes envers les autres.

Il ne ſera pas inutile d'expliquer ici les plus conſidérables, & de les mettre par ordre avec des exemples, afin d'en faciliter la mémoire.

La première, eſt quand un nom qui a des ſignifications entièrement différentes, eſt pris en l'une de ſes ſignifications dans la première propoſition de l'argument, & en une autre dans la ſeconde: comme, ſi on diſoit à un homme qui eſt en peine de quelque choſe,

Vous avez du ſouci:
Le ſouci eſt une fleur;
Donc vous avez une fleur.

Ce ſophiſme eſt contre la troiſième demande.

La ſeconde eſt, quand on veut inférer qu'une même choſe qui a ſucceſſivement divers noms de ſubſtance, ſoit toûjours la même ſubſtance; ou qu'elle conſerve le même nom de qualité, lorſqu'elle l'a perdue, & qu'elle en a reçû d'autres: comme,

Vous avez mangé ce que vous avez acheté:
Vous avez acheté de la chair crue;
Donc vous avez mangé de la chair crue.

Ce qui eſt contre le principe 22.

La troiſième eſt, quand on veut inférer que les choſes ſemblables en quelque choſe, le ſont en tout: comme,

Le ſucre eſt blanc:
Ce que je vois, eſt blanc;
Donc c'eſt du ſucre.

Cette manière de ſophiſme nous fait tomber ſouvent en erreur, & nous fait prendre une choſe pour une autre, lorſqu'on voit qu'elles ont deux ou trois ſignes ſemblables; ce qui eſt contre le principe 37.

La quatrième eſt, lorſqu'on veut inférer que ce qui eſt, en quelque façon, & pour de certains égards, quelque choſe, & en quelques qualitez, eſt cette choſe, & a cette qualité abſolument, & de ſoi-même: comme, le muſc eſt de bonne odeur à quelques-uns; donc il eſt abſolument de bonne odeur; ce qui eſt contre le principe 25.

La cinquième eſt, lorſqu'une choſe aiant des qualitez capables de faire des effets contraires, on lui en attribue un abſolument: comme,

Ce qui eſt chaud, deſſeiche:
Cette eau eſt chaude;
Donc cette eau deſſeichera.

A quoi il faut répondre, qu'elle deſſeichera par ſa chaleur, & qu'elle mouillera par ſon humidité, ſelon le principe 27; & ſi on la met dans un vaiſſeau, & qu'on applique ſur ce vaiſſeau une choſe mouillée, elle pourra la ſeicher.

La ſixième eſt, lorſqu'on prend une des premières propoſitions de l'argument pour véritable, qui ne l'eſt pas en un certain ſens: comme,

Vous avez ce que vous n'avez pas perdu:
Vous n'avez pas perdu des ailes;
Donc vous avez des ailes.

Pour

Pour rendre véritable la première propoſition, il faudroit dire, *ce que vous aviez, & que vous n'avez pas perdu, vous l'avez encore.*

La ſeptième eſt, lorſqu'on ſe ſert de certains mots dont la ſignification eſt indéterminée, ou fauſſement priſe: comme, lorſque les Medecins appellent purgations, les breuvages qu'ils donnent; que les Sectateurs d'*Ariſtote* appellent cauſes occultes, celles qu'ils ignorent; & que les Cartéſiens expliquent beaucoup d'effets par ce qu'ils appellent matière ſubtile. Car, ſi, par exemple, on fait demeurer d'accord ces derniers, que leur matière ſubtile n'eſt autre choſe qu'une pouſſière très-menue; on concevra clairement que cette pouſſière aura des figures différentes & la plûpart irrégulières, & que par cette raiſon elles laiſſeront du vuide entr'elles contre leur hypothèſe ordinaire: mais parce que le nom de ſubtil eſt d'une ſignification douteuſe, on ne voit pas bien les défauts de cette hypothèſe. Les conſequences qu'on tire du cours rapide de cette matière ſubtile ou pouſſière très-menue, des eſprits ignés, des eſprits frigorifiques, & d'autres choſes, qu'on peut croire être inventées à plaiſir, ſont de cette nature.

Les ſophiſmes qui ſe fondent ſur la diviſion infinie de l'eſpace, procédent auſſi de ce qu'on ne peut comprendre l'infini, & qu'il n'eſt pas d'une ſignification déterminée; ce qui fait qu'on a peine à donner la ſolution de ces ſophiſmes; mais il ſuffit de faire une preuve contraire facile à comprendre: comme, ſi on vouloit prouver qu'un homme qui courroit deux fois plus vite qu'un autre, ne pourroit jamais l'atteindre, ſi ce dernier avoit une lieuë d'avance; parce que pendant que le plus vîte feroit cette lieuë, l'autre feroit une demi lieuë au-delà, & que quand le plus vîte auroit fait cette demi lieuë, l'autre auroit fait un quart de lieuë au-delà, & ainſi à l'infini: il faut répondre, que ſi le plus vîte fait une lieuë en une heure, & l'autre une demi lieuë dans le même tems, le premier aura fait trois lieuës en trois heures, & l'autre une lieuë & demi, & que par conſéquent le plus vîte l'aura paſſé d'une demi lieuë; ce dernier raiſonnement eſt clair, & l'autre eſt obſcur.

Et ſi pour prouver qu'il n'y a point de mouvement dans la nature, on dit: *ce qui eſt mû, ſe meut dans le lieu où il eſt, ou dans celui où il n'eſt pas encore: l'un & l'autre eſt impoſſible; donc il ne ſe fait point de mouvement.* Il faut répondre qu'il eſt difficile ou impoſſible de comprendre par le détail comme un corps paſſe d'un lieu à un autre, à cauſe que les eſpaces ſont diviſibles à l'infini, & qu'on ne peut comprendre l'infini; mais que c'eſt une choſe très-claire, & qu'aucun raiſonnement ne peut détruire, que les corps changent de place.

La huitième eſt, de ſoûtenir qu'une propoſition eſt vraie, ſi perſonne ne peut prouver le contraire: car c'eſt à celui qui fait la propoſition, de la prouver; & à ceux à qui elle eſt faite, de voir ſi la preuve eſt bonne.

La neuvième eſt, lorſque pour perſuader à quelqu'un de faire quelque action, on lui en cache les défauts & les incommoditez, & on en agrandit les avantages, ou bien on en ſuppoſé des faux : contre lequel ſophiſme il faudra mettre en uſage le principe 96, en examinant bien toutes les ſuites & les circonſtances de la choſe qu'on nous veut perſuader.

Il y a encore un ſophiſme fort commun à diverſes ſectes pour s'établir, qui eſt de faire voir que leurs adverſaires ſe ſont trompés. Ainſi les *Peripatéticiens* ont cru bien établir leur ſecte en montrant les erreurs de *Platon*, de *Parmenides*, &c. & les *Carteſiens* la leur, en faiſant connoître les erreurs d'*Ariſtote* ; car il ſe peut faire que toutes ces ſectes ſoient également pleines d'erreurs. C'eſt un ſemblable ſophiſme, quand pour ſe delivrer du ſoupçon d'un crime, on accuſe quelque autre de ce même crime.

C'eſt auſſi une eſpéce de ſophiſme aſſez ordinaire pour détruire une propoſition véritable, de la tourner en raillerie. Pour repouſſer ce ſophiſme, il faut obliger ceux qui s'en ſervent, à prouver que la propoſition eſt ridicule, & leur ſoûtenir qu'il ne ſuffit pas de rire d'une propoſition pour prouver qu'elle eſt fauſſe. On fera de même à l'égard des actions qu'on fait pour choquer nos raiſonnemens, ou pour nous perſuader quelque fauſſeté : comme ſont les pleurs, les ſermens, la colére, la fuite, &c.

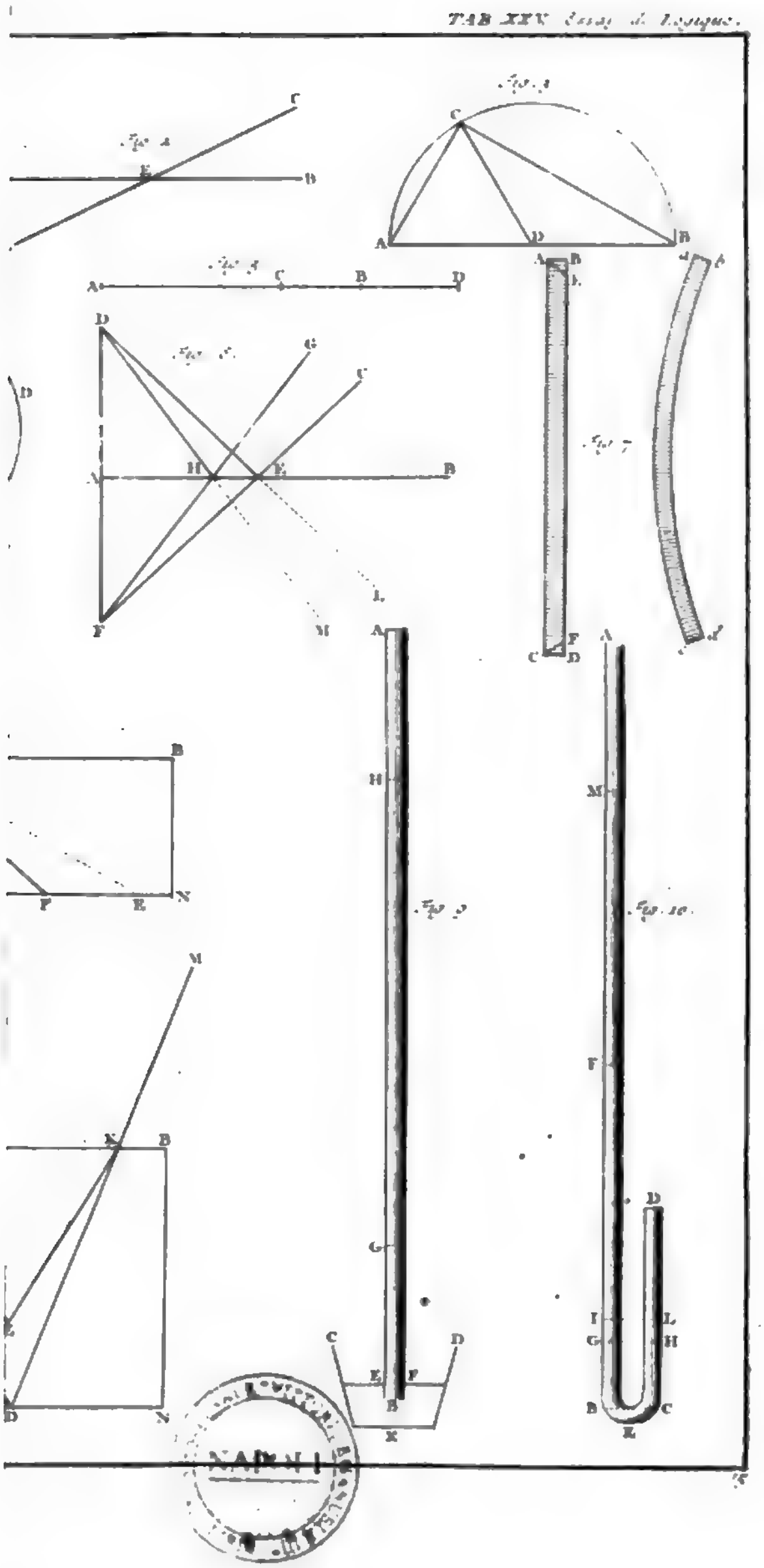
Il ſuffit quelquefois, pour faire voir le défaut d'un raiſonnement, d'en faire un ſemblable ſur un autre ſujet, dont la concluſion ſoit évidemment fauſſe : comme, ſi pour prouver que la Géométrie eſt inutile, quelqu'un diſoit qu'elle ne fait pas vivre plus long-tems ; on lui pourroit dire que le pain par une ſemblable raiſon ſeroit inutile, parce qu'il n'empêche pas d'avoir froid.

Que ſi l'on veut repouſſer ſérieuſement ce reproche d'inutilé qu'on fait ſouvent à ceux qui propoſent quelques effets curieux de la nature, ou quelque choſe nouvelle dans les Mathématiques ; on pourra donner pour exemple l'aiguille aimantée, dont la direction vers le Pole pouvoit paſſer au commencement pour un jeu d'enfant & pour une choſe fort inutile, & cependant elle eſt à preſent d'un uſage preſque néceſſaire pour les longues navigations.

Il faut prendre garde de ne s'étonner point d'une objection qu'on nous fait, qui n'eſt pas du ſujet dont on parle, & ne nous préjudicie en rien ; & de ne ſe mettre point en peine de la refuter.

La plûpart des Logiciens mettent au rang des ſophiſmes, de donner une cauſe pour une autre. Ce n'eſt pas un ſophiſme, mais une erreur, de prendre une cauſe pour une autre ; & le ſophiſme conſiſte en l'apparence des poſſibilitez d'une fauſſe hypothèſe, ou en un faux raiſonnement, comme celui-ci : *Si la lune étoit la moitié lumineuſe, & qu'elle fît une révolution autour de ſon axe en un mois, elle nous paroîtroit com-*

Digitized by Google


C
E
B
A
D
B
A
C
B
D
D
G
C
B
H
I
F
L
M
A
H
G
F
B
N
M
N
B
D
N
C
D
E
F
B
X
A
B
b
C
D
F
A
M
F
D
I
L
G
H
D
C
K

comme elle fait; donc cette hypothèſe eſt vraie, & c'eſt la véritable cauſe de ſes diverſes apparences.

Il ſe trouve quelquefois des ſophiſmes très-difficiles à réſoudre. En voici un exemple:

Trois hommes étant enſemble, deux d'entr'eux diſent chacun un menſonge; & le troiſième n'aiant point encore parlé, fait cette propoſition: *Chacun de nous trois a dit un menſonge.* Si on dit que cette propoſition eſt véritable, on objectera que puiſque le dernier aura dit vrai, tous les trois n'auront pas menti: ſi on la dit fauſſe, on pourra ſoûtenir le contraire: car il s'enſuivra que tous les trois auront menti; & par conſéquent que la propoſition ſera vraie. La plûpart des difficultez de cette nature procédent de ce que les propoſitions peuvent être conſidérées ſelon elles-mêmes, ou ſelon leurs objets; ce qu'il faut ſçavoir diſtinguer pour en pouvoir donner la ſolution; car une propoſition ne ſe doit pas regarder elle-même, mais un autre objet.

Il y a encore d'autres manières de ſophiſmes; & les perſonnes qui ont quelque choſe à démêler enſemble, en peuvent inventer pluſieurs auxquels les Logiciens n'ont point donné de nom: il n'y aura pas beaucoup de difficulté à les connoître, puiſqu'on pourra les réduire tous, ou aux fauſſes apparences, ou à la ſuppoſition de principe, ou au défaut de connexité.

Enfin, ſi on ſçait bien ſe ſervir des principes contenus en la première Partie, particuliérement des 2, 3 & 4, & de la troiſiéme demande; on pourra ſe défendre ſuffiſamment de toutes les fauſſes preuves, & en refuter la plûpart avec aſſez de facilité.

FIN.

C 62002

TABLE
DES
MATIÈRES
CONTENUES DANS CES DIFFE'RENS TRAITEZ,
COMME ELLES SE TROUVENT SELON
L'ORDRE DE L'IMPRESSION.

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS. 3

PREMIÈRE PARTIE.

DEfinitions *du corps flexible à reſſort, du corps flexible ſans reſſort, & de la viteſſe reſpective de deux corps.* Pag. 3

Quatre Suppoſitions. 4, 5

Propoſition I. Problême. *Faire que deux corps ſe rencontrent directement avec des viteſſes qui ſoient l'une à l'autre en telle raiſon que l'on voudra.* 5

Propoſition II. Premier Principe d'expérience. *Si un corps étant en mouvement eſt pouſſé par un autre corps ſelon la même ligne de direction, ou ſelon une autre; le corps pouſſé prendra un mouvement qui dépendra des deux cauſes, & ſera compoſé du premier mouvement & du ſecond, tant à l'égard de ſa direction, qu'à l'égard de ſa viteſſe.* 9

Propoſition III. Second Principe d'expérience. *Lorſque deux corps ſe choquent directement, la puiſſance ou force de leur choc pour faire impreſſion l'un ſur l'autre eſt la même, ſoit qu'ils aillent l'un contre l'autre avec des viteſſes égales ou inégales, ou qu'un ſeul des deux ſoit en mouvement, ou que tous deux aillent de même part; pourvû que la viteſſe propre de chacun d'eux ſoit uniforme ſelon la première ſuppoſition, & qu'étant en même diſtance lorſqu'ils commencent à ſe mouvoir, ils empoïent des tems égaux à ſe rencontrer, c'eſt-à-dire, pourvû que leur viteſſe reſpective ſoit toûjours la même.* 9

Propoſition IV. Troiſième Principe d'expérience. *Si deux corps ſemblables & inégaux de même matière ſont mûs avec des viteſſes égales, l'effort du plus grand corps ſera plus grand que celui du moindre ſur les corps qu'ils rencontreront; & ſi deux corps ſemblables & égaux de même matière ſont mûs avec des viteſſes inégales, celui qui eſt mû avec*

Digitized by Google

avec la plus grande viteſſe, ſera auſſi le plus d'effort ſur les corps qu'il rencontrera, ſoit que le choc ſoit horiſontal, ou de bas en haut, ou d'autre ſorte. 10

Propoſition v. Quatrième Principe d'expérience. *Si un corps en repos ſuſpendu eſt choqué horiſontalement par un autre corps plus peſant; il réſiſtera moins au mouvement, & le corps choquant recevra moins d'impreſſion par le choc, que ſi le corps en repos étoit également peſant: & plus le corps en repos ſera peſant, plus il réſiſtera au mouvement; pourvû que le corps choquant demeure toûjours le même, & qu'il rencontre toûjours l'autre avec la même viteſſe.* 12

Avertiſſement *concernant l'uſage de cette propoſition.* 13

Propoſition vi. Cinquième Principe d'expérience. *Si les quantitez de mouvement de deux corps ſont égales lorſqu'ils ſe choquent directement, ils s'arrêteront l'un l'autre; & demeureront ſans mouvement, s'ils s'attachent enſemble: mais ſi les deux quantitez de mouvement ſont inégales, ils ne demeureront pas en repos immédiatement après le choc.* ibid.

Conſéquence. *Si deux corps mols ſans reſſort, ſe choquant directement, perdent leur mouvement, leurs poids & leurs viteſſes étoient réciproques immédiatement avant le choc, c'eſt-à-dire, qu'elles avoient une égale quantité de mouvement.* 14

Avertiſſement. ibid.

Propoſition vii. *Si deux corps inégaux en peſanteur ſont mûs avec des viteſſes égales, leurs quantitez de mouvement ſeront l'une à l'autre en la raiſon de leurs poids.* 15

Propoſition viii. *Si deux corps égaux en peſanteur ſont mûs avec des viteſſes inégales, leurs quantitez de mouvement ſeront entre elles comme leurs viteſſes.* ibid.

Propoſition ix. *Si deux corps ont leurs poids & leurs viteſſes inégales, leurs quantitez de mouvement ſeront l'une à l'autre en la raiſon compoſée des poids & des viteſſes.* 16

Propoſition x. Sixième Principe d'expérience. *Si un corps mol ſans reſſort choque directement un autre corps mol & ſans reſſort, les deux enſemble étant joints après le choc iront de même part que le corps choquant, & la quantité de mouvement des deux enſemble ſera égale à la quantité de mouvement de ce corps avant le choc.* ibid.

Première conſéquence: *que le mouvement d'un corps qui n'en rencontre point de contraire, ne ſe perd point; & que pour trouver quelle doit être la viteſſe de deux corps mols joints après le choc, quelque viteſſe & quelque peſanteur qu'ait le corps qui donne le mouvement à l'autre, il faut diviſer ſa première quantité de mouvement par la ſomme des poids des deux corps.* 17

Seconde conſéquence: *que ſi la viteſſe du corps qui ſe mouvoit ſeul, eſt exprimée par un nombre égal à la ſomme des poids des deux corps, leur viteſſe commune après le choc ſera exprimée par un nombre égal au poids de ce premier.* ibid.

Avertiſſement. 18

Pro-

TABLE

Proposition xi. Septième Principe d'expérience. *Si deux corps mols sans ressort vont de même part avec des vitesses inégales, & que le plus vîte rencontre l'autre directement; ils auront ensemble, après qu'ils seront joints, une quantité de mouvement égale à la somme des quantitez de mouvement des deux corps avant le choc.* 18

Proposition xii. Huitième Principe d'expérience. *Si deux corps mols sans ressort égaux ou inégaux se rencontrent directement, allant l'un contre l'autre avec des vitesses égales ou inégales, & que leurs quantitez de mouvement soient inégales avant le choc; la moindre quantité de mouvement se perdra entierement, & il s'en perdra autant de l'autre, & les deux corps joints ensemble n'auront plus que la quantité de mouvement restante, c'est-à-dire, la difference de deux quantitez de mouvement avant le choc; & cette difference divisée par la somme des poids; donnera la vitesse commune des deux corps joints après le choc.* 19

Avertissement. 21

Proposition xiii. *Si une ligne comme* AB *est divisée au point* C *en raison réciproque des poids des corps* A & B, *& qu'étant prolongée directement de part & d'autre, on y prenne un point* D, *en sorte que* AD *représente la vitesse & la direction du corps* A *avant le choc, &* BD *celle du corps* B, *l'une & l'autre vitesse supposée uniforme selon la premiere supposition, & que* DE *soit prise égale à* CD; *les deux corps s'étant joints ensemble iront avec la vitesse & la direction* DE, *s'ils sont sans ressort.* Tab. I. fig. 7. 21

Proposition xiv. Neuvième Principe d'expérience. *S'il y a un corps inébranlable à ressort qui ait changé sa figure, & se soit mis en ressort par le choc d'un corps dur & inflexible en se restituant & reprenant sa premiere figure, il redonnera à ce corps la même vitesse qu'il avoit immediatement avant le choc.* 23

Résolution d'un doute sur la force du ressort. 24

Qu'il n'y a point de corps, ou qu'il y en a très-peu qui n'aient quelque ressort, & comment on peut concevoir l'action des ressorts. 25, 28

Avertissement. 28

Proposition xv. *Si deux corps à ressort se choquent directement avec des vitesses réciproques à leurs poids, chacun de ces corps retournera en arriere avec sa premiere vitesse.* 29

Premiere conséquence: *que deux corps égaux ou inégaux étant pressés l'un contre l'autre & mis en ressort par quelque cause que ce soit, si la pression cesse tout à coup, ils se repousseront l'un l'autre par leurs ressorts, & en se repoussant, chacun d'eux prendra une égale quantité de mouvement.* 30

Seconde conséquence: *que deux corps à ressort qui se sont rencontrés directement, partagent par le mouvement de ressort la vitesse respective de leur choc, selon la raison réciproque de leurs poids, quelques vitesses propres qu'ils aient eu avant le choc.* ibid.

Troisième conséquence: *qu'il n'y a point*

point de corps entièrement inébranlable de quelque grandeur & de quelque peſanteur qu'il puiſſe être. 31

Quatrième conſéquence: *que ſi on augmente le poids* A *ſucceſſivement, & qu'on veuille faire choquer les boules avec des quantitez de mouvement égales entre elles, ſans changer la viteſſe reſpective; le point* C *s'approchera de plus en plus du point* A, *& les quantitez de mouvement ſeront augmentées, auſſi-bien que la viteſſe de la boule* B. Tab. I. fig. 11. ibid.

Explication du recul des canons & des autres machines à balles. 32, 36

Propoſition XVI. *Si deux corps à reſſort ſont égaux, & que l'un choque directement l'autre en repos; ce dernier prendra la viteſſe entière de l'autre après le choc, & le fera reſter ſans mouvement.* 36

Conſéquence: *qu'un corps à reſſort choquant directement un autre corps à reſſort moindre en poids, ils s'avanceront tous deux après le choc; & que ſi le corps choqué eſt le plus peſant, le corps choquant retournera en arrière.* ibid.

Avertiſſement. 37

Propoſition XVII. *Si deux boules à reſſort égales ſe choquent avec des viteſſes inégales; elles feront échange de leurs viteſſes.* 38

Propoſition XVIII. *Soit une boule* A *triple d'une autre* B, *& qu'elles ſe choquent avec des viteſſes égales & uniformes; je dis que la boule* A *après le choc demeurera en repos, & que la moindre boule* B *retournera en arrière avec une viteſſe double de celle qu'elle avoit avant le choc.* 39

Conſéquence: *que ſi deux corps à reſſort inégaux ſe choquent directement avec des viteſſes égales, & que le poids du plus peſant ſoit plus que triple du poids de l'autre, ils s'avanceront tous deux après le choc, ſelon la direction du plus peſant; & que s'il eſt moins que triple, chacun de ces corps retournera en arrière.* 39

Avertiſſement. 40

Propoſition XIX. *Si une ligne comme* AB *eſt diviſée au point* C *en la raiſon réciproque des poids des corps* A *&* B, *& auſſi au point* D, *ſelon la raiſon des viteſſes avec leſquelles ils ſe choquent; c'eſt-à-dire, que ſi* BC *eſt à* CA, *comme le poids du corps* A *eſt au poids du corps* B, *& que* AD *ſoit à* BD, *comme la viteſſe du corps* A *à la viteſſe du corps* B, *& que* CE *ſoit faite égale à* CD; *la ligne* EA *ſera la viteſſe du corps* A, *ſelon la direction de* E *vers* A, *&* EB *la viteſſe du corps* B, *ſelon la direction de* E *vers* B *après le choc en* D. Tab. I. fig. 13. ibid.

Avertiſſement. 41

Propoſition XX. *Si deux corps égaux ou inégaux à reſſort ſe ſont choqués directement, ſoit que tous deux fuſſent en mouvement, ou qu'il n'y en eût qu'un ſeul, & qu'ils ſe choquent une ſeconde fois avec les viteſſes acquiſes par le premier choc; ils reprendront après le ſecond choc, la même viteſſe propre, ou le repos, que chacun avoit avant le premier choc.* 42.

Propoſition XXI. *Si deux corps à reſſort égaux ou inégaux ſe choquent directement avec des viteſſes égales*

les ou inégales, ils ſe ſéparerons après le choc avec la même viteſſe reſpective, avec laquelle ils ſe ſont rencontrés. 43

Propoſition XXII. *Si un corps à reſſort choque directement un autre corps à reſſort, ſoit que le corps choqué ſoit en repos, ſoit qu'il s'avance de même part que l'autre, ſelon une même ligne de direction; la ſomme des quantitez de mouvement des deux enſemble après le choc ſera la même qu'avant le choc, s'ils s'avancent tous deux, ou ſi celui qui a choqué, demeure ſans mouvement. Mais, ſi ce dernier corps retourne en arrière, la quantité de mouvement de celui qui s'avance, ſera plus grande que celle qu'avoit le corps qui s'eſt mû ſeul, ou les deux mûs de même part avant le choc; & l'excès ſera égal à la quantité de mouvement de celui qui retourne en arrière.* 44

Propoſition XXIII. *Si deux corps inégaux à reſſort ſe choquent directement avec des viteſſes contraires, non réciproques à leurs poids, & qu'ils s'avancent tous deux, ou que l'un d'eux demeure en repos après le choc; la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc ſera égale à la différence de celles qu'ils avoient avant le choc. Mais ſi les deux corps retournent en arrière après s'être choqués, la ſomme de leurs quantitez de mouvement ſera plus grande que cette différence, & l'excès ſera égal au double de la quantité de mouvement de celui à qui il en reſte le moins.* ibid.

Propoſition XXIV. *Si le poids d'un corps à reſſort eſt triple, ou moins que triple du poids d'un autre corps à reſſort moindre, & qu'ils ſe choquent avec des viteſſes égales; la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc ſera moindre qu'avant le choc, & la différence ſera égale au quarré de la différence des poids des deux corps, ſi leur viteſſe reſpective eſt exprimée par la ſomme de leurs poids.* 46

Propoſition XXV. *S'il y a deux corps inégaux à reſſort A & B, & que le moindre B étant en repos ſoit choqué directement par le plus peſant avec une viteſſe dont les degrez ſoient exprimés par le nombre qui exprime la ſomme des poids des deux corps; le corps B après le choc aura une viteſſe dont les degrez ſeront exprimés par un nombre double du nombre du plus grand poids, & les degrez de viteſſe que le corps A perdra, ſeront exprimés par le double du nombre du moindre poids.* 47

Propoſition XXVI. *S'il y a deux corps inégaux à reſſort A & B, & que le plus peſant A étant en repos ſoit choqué par le plus léger, avec une viteſſe dont les degrez ſoient exprimés par le nombre qui exprime la ſomme des poids de deux corps: le corps A après le choc aura une quantité de mouvement double de celle du corps B avant le choc diminuée du quarré du nombre qui exprime ſon poids; & les degrez de viteſſe que le corps B perdra, ſeront exprimés par le double du nombre qui exprime ſon poids.* 48

Première Conſéquence: *que le corps choqué prend autant de viteſſe & de quantité de mouvement par le mo-*

mouvement ſimple, que par le mouvement de reſſort. 50

Seconde Conſéquence : *que ſi l'on prend deux corps inégaux à reſſort de tel poids qu'on voudra, & que l'un des deux étant en repos ſoit choqué par l'autre directement avec une viteſſe égale au nombre de la ſomme de leurs poids ; la ſomme de leurs viteſſes après le choc ſera triple de cette première viteſſe, moins quatre fois le nombre du moindre poids, ſi c'eſt le moindre corps qui ſoit en repos : & ſi c'eſt le plus grand, la ſomme de leurs quantitez de mouvement après le choc ſera triple de la quantité de mouvement du moindre corps avant le choc, moins quatre fois le quarré du nombre du moindre poids.* ibid.

Troiſième Conſéquence : *que ſi deux corps à reſſort ſont fort inégaux en poids, ils peuvent ſe rencontrer directement de telle ſorte, que leurs ſecondes quantitez de mouvement ou leurs ſecondes viteſſes ne ſeront à fort peu près que le tiers des premières ; c'eſt-à-dire, qu'il ſe perdra à fort peu près les deux tiers de leurs viteſſes ou de leurs quantitez de mouvement par le choc.* 51

Propoſition XXVII. *Si l'on ſuſpend un cerceau de fil de fer ou de bois neuf, comme le cercle ABCD, en ſorte que les diamétres AHC, BHD, ſoient en un plan horiſontal à peu près, & qu'on le frappe fortement avec un bâton ou autrement au point D, pour le faire avancer horiſontalement ſelon la direction de la ligne DGHEBF ; le point B ne s'avancera pas en même tems que le point choqué D, mais il ira en arrière du côté de D, comme en E, avant que d'aller en F.* Tab. I. fig. 14. 52

Conſéquence : *que ſi une boule creuſe à reſſort eſt choquée directement par une autre, la partie oppoſée à celle qui eſt frappée, retourne un peu en arrière avant que de s'avancer.* 55

Propoſition XXVIII. *Soient* A, B, C, *trois boules d'yvoire ou d'autre matière à reſſort ferme, égales entre elles, & contigues ; & qu'une autre boule* D, *de même matière & de même peſanteur, choque directement la boule* C, *ſelon la ligne* AD *qui joint leurs centres : les boules* C & B *demeureront en repos après le choc, & la boule* D *auſſi, & la ſeule boule* A *s'avancera avec la même viteſſe qu'avoit la boule* D *avant le choc ; & quelque nombre de boules qu'il y ait de ſuite, ſoit deux ou trois ou quatre, &c. il n'y aura toûjours que la plus éloignée qui ſe mettra en mouvement.* Tab. II. fig. 17. ibid.

Que s'il y a deux boules comme E & F *qui ſe touchent, & qui choquent enſemble pluſieurs boules qui ſe touchent auſſi, comme a, b, c, d, ſelon la ligne de direction a* F ; *les deux boules* E & F *s'arrêteront, & les autres demeureront auſſi en repos, à la réſerve des deux dernières a & b, qui s'avanceront enſemble avec la même viteſſe des deux* E & F. Tab. II. fig. 18. 56.

Que s'il y a trois boules qui choquent, il n'y aura que les trois dernières a, b, c, qui s'avanceront avec la viteſſe commune des trois qui auront

rout choqué, & toutes les autres demeureront en repos; & ainſi à l'infini, en tel nombre que puiſſent être les boules qui choquent & celles qui ſont choquées. Pag. II. fig. 18. 56

DE LA PERCUSSION OU CHOC DES CORPS.

SECONDE PARTIE. 57

PRopoſition I. Premier Principe d'expérience. *Si l'on fait choquer dans un bateau, ſe mouvant d'une viteſſe uniforme, des boules d'yvoire ou d'autre matière à reſſort ferme, par le moïen de la machine décrite en la première Propoſition de la première Partie, les mêmes effets paroîtront à ceux qui ſeront dans le bateau, que ſi le bateau étoit immobile; c'eſt-à-dire, que ſi l'on fait choquer deux boules égales avec des viteſſes égales, apparentes, elles paroîtront ſe reculer avec les mêmes viteſſes qu'elles avoient avant le choc: & dans les autres manières différentes de choquer, ſoit que les boules ſoient égales ou inégales, les effets paroîtront conformes à ceux qui ont été prouvés dans la première Partie.* 57

Propoſition II. *Où l'on montre comment on peut, lorſque deux boules à reſſort inégales ſe choquent obliquement, trouver leurs viteſſes & leurs directions après le choc, ſoit que les viteſſes ſoient égales ou inégales, ou que l'une ſoit en repos.* 59

Propoſition III. *Où l'on montre comment on peut, lorſqu'une boule à reſſort en choque obliquement une autre égale en repos, trouver la viteſſe & la direction de chaque boule après le choc, quelle que ſoit l'obliquité du choc.* 60

Conſéquence, *tendant à montrer comment on peut trouver les directions & les viteſſes de deux boules après leur choc, dont l'une choque l'autre en repos, en telles raiſons quelles ſoient l'une à l'autre, & quelles que ſoient leurs viteſſes propres, & l'obliquité de leur choc.* 61

Propoſition IV. *Le centre commun de peſanteur de deux boules qui ſont pouſſées pour ſe choquer avec des viteſſes uniformes, ſe meut toûjours ſelon la même direction & avec la même viteſſe devant & après le choc: & ſi ce centre demeure en repos dans le mouvement qui précéde le choc, il demeurera auſſi en repos après le choc.* 62

Propoſition V. A B F *repréſente une ligne d'une ſurface de verre ou d'autre matière facile à être briſée, &* C *eſt une petite boule qui étant pouſſée perpendiculairement en* D, *contre* A B, *avec la viteſſe* C D, *ne romproit point cette ſurface; mais étant pouſſée un peu plus fort*

fort ; elle la romproit : je dis que ſi CE *eſt egale & parallele à* BD, *& qu'en même tems que l'on pouſſe la boule* C *vers* D, *avec la même viteſſe* CD, *on la pouſſe auſſi vers* E *avec la viteſſe* CE, *en ſorte qu'elle aille par la diagonale* CB, *avec la viteſſe* CB, *elle ne rompra point la ſurface de verre, & que ſi elle eſt pouſſée un peu plus fort, elle la rompra.* Tab. II. fig. 23. 65

Propoſition VI. Deuxième Principe d'expérience, *touchant l'équilibre de l'eau dans pluſieurs vaiſſeaux qui ſe communiquent, & l'élevation d'un jet ſortant par un tuyau recourbé ajuſté au bas d'un vaiſſeau où l'on a verſé de l'eau.* ibid.

Conſéquence: *que ſi la ſurface de l'eau eſt à differentes hauteurs dans le vaiſſeau, les viteſſes de l'eau jaillissante par l'ouverture au bas du vaiſſeau au premier moment de ſa ſortie ſeront l'une à l'autre en raiſon ſous-doublée des hauteurs de la ſurface ſupérieure de l'eau.* 66

Propoſition VII. *Contenant diverſes expériences touchant l'équilibre de l'air & de l'eau avec divers poids.* 67, 69

Uſage qu'on peut faire des régles expliquées dans les propoſitions précédentes, pour expliquer les effets du tonnerre, & autres effets naturels. 69, 72

Propoſition VIII. *La force du choc horiſontal eſt infinie; c'eſt-à-dire, que ſi un corps très-petit en choque directement un autre très-peſant en repos par un mouvement horiſontale, ſi lent qu'il puiſſe être, il le mettra en mouvement.* 72

Propoſition IX. *Les corps fluides ne choquent pas les corps durs qu'ils rencontrent, par la quantité de mouvement de tout leur corps.* 73

Première Conſéquence: *que les jets d'eau, ou de quelque autre corps fluide, d'égale largeur & de viteſſes inégales, ſoûtiennent des poids qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée de ces viteſſes inégales.* 74

Seconde Conſéquence: *que les jets d'eau de même viteſſe & de largeurs inégales ſoûtiennent des poids qui ſont entre eux en raiſon doublée des diamétres de ces largeurs.* 75

Propoſition X. *Les corps fluides en mouvement, comme le vent ou une eau coulante, accélérent le premier mouvement qu'ils ont donné à un corps ferme, par leur premier choc.* ibid.

Propoſition XI. Lemme. *Un corps qui tombe dans l'air libre, commence à tomber avec une viteſſe déterminée, & qui n'eſt pas infiniment petite; c'eſt-à-dire, qu'elle eſt telle, qu'il y en peut avoir de moindres, en différens degrez.* 77

Avertiſſement, *touchant quelques raiſonnemens de* Galilée *pour prouver qu'au premier moment qu'un poids commence à tomber, ſa viteſſe eſt plus petite qu'aucune qu'on puiſſe déterminer.* 80

Propoſition XII. *Soit le poids* C, *ſuſpendu à la corde* AB, *plus peſant que le poids* F, *ſuppoſé ſans reſſort; & que la viteſſe du poids* F *ſoit telle, que choquant le poids* C *de bas en haut, il puiſſe l'élever: je dis qu'il peut y avoir un jet d'eau tel que choquant le même*

même poids C *de bas en haut, il ne pourra l'élever, quoique ſa viteſſe ſoit égale à celle du poids* F; *mais que ſi ce jet d'eau choque horiſontalement le même poids* C, *il le pouſſera beaucoup plus loin, que le poids* F *ne le pouſſera, le choquant horiſontalement avec la même viteſſe.* Tab. III. fig. 32. 81

Conſéquence: *que la force du choc de bas en haut n'eſt pas infinie; c'eſt-à-dire, qu'un petit corps n'élèvera pas un corps quelque grand qu'il puiſſe être, en le choquant de bas en haut.* 82

Propoſition XIII. *Si deux poids, aians une égale quantité de mouvement, tombent ſur une balance, de part & d'autre du centre de mouvement, en des points également diſtans de ce centre, ils ſeront équilibre au moment du choc; & ſi les points où ils choquent la balance, ſont inégalement diſtans du centre de mouvement, ils ne ſeront pas équilibre; mais ſi leurs quantitez de mouvement ſont en raiſon réciproque des diſtances inégales, ils ſeront équilibre au moment du choc.* ibid.

Propoſition XIV. Troiſième Principe d'expérience. *Si deux corps égaux ou inégaux, attachés aux extrémitez d'une balance, tombent ſur un appui, en ſorte qu'au moment que la régle qui ſert de balance, rencontre l'appui, il ſe faſſe équilibre entre les deux corps; l'appui recevra plus d'impreſſion par le choc, que ſi la régle le rencontrois autrement.* 87

Propoſition XV. Problême. *Etant donnée une ligne, ſe mouvant circulairement à l'entour d'une de ſes extrémitez immobile; trouver le point qui la diviſe en deux parties d'égale quantité de mouvement.* 88

Propoſition XVI. Problême. *Trouver le centre d'agitation d'une partie d'une ligne, qui ſe meut à l'entour d'un de ſes points extrêmes; la grandeur de la ligne entière étant donnée & celle de la retranchée.* 89

Propoſition XVII. Problême. *Trouver le centre de percuſſion d'un pendule compoſé.* 91

Propoſition XVIII. Problême. *Trouver le centre de vibration d'un pendule compoſé; c'eſt-à-dire, la grandeur d'un pendule ſimple, dont les battemens ſe faſſent en même tems que ceux du compoſé.* 92

Conſéquence: *que la longueur d'un pendule ſimple, qui fait ſes battemens en même tems qu'un fil de fer ou cylindre, ſuſpendu par une de ſes extrémitez, ſera égale aux deux tiers de la longueur de ce fil de fer, qu'on prend ici pour une ligne droite peſante.* 93

Propoſition XIX. *Les centres de vibration, agitation, & percuſſion, ſont un même point dans un triangle qui ſe meut ſur ſa baſe.* ibid.

Propoſition XX. Problême. *Trouver le centre de percuſſion d'un pendule compoſé de deux poids, lorſqu'ils ſont de part & d'autre du point de ſuſpenſion.* 94

Première Conſéquence: *que dans les pendules compoſés de deux poids, les centres de percuſſion & de ſuſpenſion ſont réciproques.* 95

Seconde Conſéquence: *que ſi une ligne*

ligne droite comme α γ β eſt diviſée au point γ, en ſorte que β γ ſoit double de γ α, & qu'on la conſidère comme un pendule, dont le centre de mouvement ſoit au point γ, ſon centre de percuſſion ſera au point β. Tab. IV * fig. 52. 96

Uſage de ces dernières propoſitions pour trouver facilement les centres de vibration des pendules chargés de pluſieurs poids. 97, 98

Propoſition XXI. Principe ou Axiome. *Les corps de même matière, égaux & ſemblables & ſemblablement poſés, tombent par un même milieu fluide avec des viteſſes égales entre elles, tant au commencement de leur chûte, que dans la continuation.* 98

Propoſition XXII. Quatrième Principe d'expérience. *Les corps de même matière, égaux & ſemblables & ſemblablement poſés, tombent avec des viteſſes inégales à travers des corps fluides de différentes condenſations.* 99

Propoſition XXIII. *Les corps plus peſans que l'air étant lâchés dans l'air, accélèrent leurs viteſſes en tombant juſques à ce qu'ils aillent auſſi vîte que le vent qui peut les ſoûtenir, ſoufflant perpendiculairement de bas en haut.* ibid.

Propoſition XXIV. *Les corps égaux & ſemblables & ſemblablement poſés qui tombent à travers des fluides de différentes condenſations, ne prennent pas des viteſſes complettes, égales entre elles; mais elles ſont moindres dans les fluides plus denſes.* 100

Propoſition XXV. *Les corps égaux en volume, ſemblables & ſemblablement poſés, & de peſanteurs inégales, acquièrent en tombant à travers l'air des viteſſes complettes qui ſont l'une à l'autre ſelon la raiſon ſous-doublée de leurs poids.* 100

Propoſition XXVI. *Les viteſſes complettes des corps de différentes grandeurs & de ſemblable matière, ſont entre elles en raiſon ſous-doublée des peſanteurs de ces corps, ſi les ſurfaces par leſquelles ces corps choquent l'air directement, ſont égales.* ibid.

Diverſes conſéquences de cette propoſition. 101

Propoſition XXVII. *Les corps inégaux en peſanteur qui rencontrent des réſiſtances de l'air ſelon la proportion de leurs poids, deſcendent également vîte, & acquièrent des viteſſes complettes égales.* 102

Propoſition XXVIII. *Les cubes de même matière & de grandeurs inégales ont leurs viteſſes complettes en raiſon ſous-doublée de leurs côtez; & les boules inégales de même matière, en raiſon ſous-doublée de leurs diamétres.* 103

Propoſition XXIX. *S'il y a des boules inégales de différentes matières, & que la peſanteur ſpécifique de la grande boule ſoit à la peſanteur ſpécifique de la matière de la petite, réciproquement comme le diamétre de la petite eſt au diamétre de la grande; elles deſcendront également vîte, & leurs viteſſes complettes ſeront égales.* ibid.

Propoſition XXX. *Les boules de même poids & de différentes grandeurs ont leurs viteſſes complettes en raiſon réciproque de leurs diamétres.* 104

Pro-

TABLE

Propoſition XXXI. ABC, DEF, *ſont deux cones égaux & ſemblables & d'égale peſanteur, dont l'un eſt ſuppoſé tomber dans l'air par ſa baſe* BC, *& l'autre par ſa pointe* F: *je dis que la viteſſe complette du premier ſera moindre que celle de l'autre, ſelon la proportion, de* DG *demi diametre de la baſe* DE, *au côté* DF. Tab. IV * fig. 61. 105

Conſéquence: *qu'une boule deſcendra plus vîte, & aura ſa viteſſe complette plus grande qu'un cylindre de pareil poids qui auroit ſa baſe égale au grand cercle de la boule, & qui en tombant auroit ſon axe perpendiculaire.* 106

Problêmes de Phyſique très-difficiles. 106, 107

Problême. *Trouver le tems de l'accélération des boules de differentes grandeurs & de differentes matières, leurs viteſſes complettes, & les eſpaces qu'elles paſſent en deſcendant en des tems donnés.* 107

Tables, *par leſquelles on connoîtra combien une balle de plomb de ſix lignes de diamétre paſſera de pieds en chaque ſeconde en deſcendant; combien elle en paſſera dans tel nombre de ſecondes qu'on voudra choiſir; quand elle ceſſera d'accélérer ſon mouvement; quelle ſera ſa viteſſe complette; & combien elle parcourra de pieds avant que de l'acquérir.* 109

Table *pour une balle de cire de ſix lignes.* 111

Table *pour une balle de liége de ſix lignes.* 112

Avertiſſement *ſur ces Tables.* ibid.

Premières Experiences *pour les chûtes des corps peſans.* 113

Secondes Expériences. 114

Troiſièmes Expériences. 115

Quatrièmes Expériences. 116

PREMIER ESSAI DE PHYSIQUE.

DE LA VE'GE'TATION DES PLANTES. 119

PREMIÈRE PARTIE.

DES ELEMENS OU PRINCIPES DES PLANTES.

PRemière *hypothèſe ſur les principes des plantes.* 121

Idée des noms de fixe, volatile, eſprit, &c. 122

De l'union naturelle de quelques-uns de ces principes. 122, 123

Baſe de ces principes, & ce qui les ſpécifie & les détermine. 123, 124

Seconde hypothèſe ſur les principes des plantes établie par deux preuves. 124, 125, 126

Troiſième hypothèſe prouvée par deux experiences. 126, 127

Moïen de ſe former une idée diſtincte de ces principes. 127

Pourquoi l'on ne met pas le feu au nombre des principes des plantes. ibid.

De l'air. ibid.

S E-

DES MATIERES.

SECONDE PARTIE.

DE LA VE'GE'TATION DES PLANTES.

DE la première germination de la semence; d'où elle procéde. 128
Comment se font les effets qui se font dans les lobes. 129
Manière dont les petits vaisseaux Capillaires des graines s'imbibent du suc, & les racines reçoivent l'eau de la pluie. 129, 130
Loi de la nature par laquelle se fait cette insinuation de l'eau. 130
Comment le suc se perfectionne & devient propre à nourrir les plantes. 130, 132
Ce qui sert à faire étendre les branches, les feuilles, & les racines. 132
Conjecture sur la circulation du suc. 132, 133
Par où le premier suc de dehors entre dans les plantes. 133
Confirmation de l'opinion du retour de la séve vers la racine. 133, 134
Nécessité de la rosée pour les plantes, sur-tout dans les païs chauds. 134, 135
La clarté du soleil nécessaire pour la nourriture des plantes. 135
Comment se fait la maturité des fruits & des semences. ibid.
A quoi servent les graines, &c. 136
Que ce qui donne à chaque plante sa forme, n'est pas ce qu'on appelle l'ame végétative: ni la configuration des parties de la semence, &c: ni les parties de la plante, toutes contenues en petit dans la semence; 1. parce qu'elle ne contient que les principales parties des plantes; 2. parce que toutes les plantes ne viennent pas de graines; 3. parce que cela est contre l'expérience; mais les principales parties des plantes contenues dans la semence. 137, 139

TROISIÈME PARTIE.

DES CAUSES DES VERTUS DES PLANTES.

DEs qualitez vénéneuses, & les différentes causes de ces qualitez. 140
Véritables causes de ces qualitez prouvées par raisons fondées sur des expériences. 141, 143
D'où procédent ces causes. 143
Que c'est par les expériences uniquement qu'on peut juger à quoi une plante est utile ou nuisible, & non pas par l'inspection de sa construction, ni par sa couleur, ni par son odeur, ni par sa saveur, ni par les opérations de la Chymie. 143, 146
Avis sur les moïens de faire des progrès dans la Médecine. 147

SECOND ESSAI. DE LA NATURE DE L'AIR 148

Première propriété de l'air, qui eſt ſa peſanteur. 149, 150
Seconde propriété de l'air, qui eſt de pouvoir être condenſé & dilaté & d'avoir la vertu de reſſort. 150, 151
Sa condenſation ſe fait ſelon la proportion des poids dont il eſt chargé. 151, 153
Problêmes *qu'on peut réſoudre par ce qu'on vient d'établir.* 153
I. Problême. *Etant donnée la hauteur où l'on veut que le mercure demeure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver la quantité de l'air qu'il y faut laiſſer avant l'expérience.* 154
II. Problême. *Etant donnée la quantité d'air qu'on veut laiſſer au-deſſus du mercure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver à quelle hauteur le mercure ſe mettra après l'expérience.* ibid.
III. Problême. *Etant donnée la hauteur d'un tuyau plein d'air, trouver à quelle profondeur il faudra plonger le bout ouvert dans le mercure du vaiſſeau, afin qu'il monte dans ce tuyau ſitué perpendiculairement à une hauteur donnée poſſible.* 155
Le reſſort de l'air fait le même équilibre, qu'étant avec ſon poids. 156
Ce qui arrive aux larmes de verre, ſe fait par l'air, & comment. 157, 159
Belles connoiſſances que donnent les obſervations des hauteurs du mercure dans le baromètre. 159, 160
Explication de certains effets & mutations des vents. 160, 162
De la forme que prend l'air enfermé dans l'eau. 162
Troiſième propriété de l'air, qui eſt de s'inſinuer & ſe diſſoudre dans l'eau & pluſieurs liqueurs. 163
Cauſes qui produiſent cet effet. 164
Etenduë & nature de l'air mêlé & diſſous dans l'eau. 164, 166
Des cauſes par leſquelles la matière aërienne diſſoute & condenſée dans l'eau peut en ſortir & ſe remettre en air. 166, 168
Que la dilatation & la condenſation de l'air ne vient pas de la ſéparation des particules qui le compoſent. 169
Preuve de cela par les effets de l'air & de la poudre enflammée. 169, 173
Explication générale de la raréfaction & de la condenſation de l'air &c. 173
Que l'air n'a de ſoi aucune chaleur. 174
Remarques & expériences ſur l'étenduë de la dilatation de l'air. 174, 178
Conſéquences des expériences & des raiſonnemens précédens. 178, 179
Des propriétez qu'on attribue fauſſement à l'air. 179
De quoi l'air n'eſt pas compoſé. 180

Qu'il

Qu'il ne réſoud pas les ſels dans les tems humides, & qu'il n'eſt pas de ſoi la cauſe de la corruption. 180, 181
Si l'air eſt coloré. 181
Si l'air ſe mêle avec le ſang dans les poumons. 181, 182

TROISIÈME ESSAI. DU CHAUD ET DU FROID. 183

OU DISCOURS

Pour faire voir que le froid n'eſt qu'une privation ou une diminution de chaleur, & que la plûpart des lieux ſoûterrains ſont plus chauds en Eté qu'en Hiver. 184.

Qu'on ne doit pas toûjours juger des choſes en elles-mêmes, & entr'autres du froid & du chaud, par les ſens. 184, 185
Par où l'on doit juger qu'une choſe eſt ſans chaleur. 185
Que le froid dans la glace, auſſi-bien que dans les autres choſes, n'eſt qu'une diminution de chaleur. 186, 188
Objection contre ce qui a été dit & prouvé. 188
Réſultat des raiſonnemens précédens. ibid.
Que les lieux ſoûterrains ſont plus chauds en Eté qu'en Hiver. 189
Expériences qui confirment ce que l'on vient d'établir. 189, 193
Pourquoi les caves paroiſſent fraîches en Eté & chaudes en Hiver. 194
Remarque ſur les raiſonnemens précédens. ibid.

QUATRIÈME ESSAI. DE LA NATURE DES COULEURS. 195

Qu'il n'eſt pas aiſé de bien parler des couleurs. 196
Plan de ce Traité. 197

PREMIÈRE PARTIE.

Comment il faut s'y prendre pour faire avec exactitude les expériences néceſſaires pour connoître d'où procédent les couleurs de l'arc-en-ciel, & toutes les autres de la même eſpéce. 197
I. Suppoſition *avec explication. La lumière du ſoleil paſſant par une ouverture circulaire dans un lieu obſcur, & étant reçûe ſur une ſur-*

face platte expoſée directement au ſoleil & parallele à l'ouverture; chaque point de cette ouverture eſt le ſommet de deux cones de lumière oppoſés, & ſemblables, dont l'un a pour baſe le diſque du ſoleil, & l'autre un cercle dans la ſurface platte; mais ce cercle eſt moindre que le cercle illuminé qui paroît ſur cette ſurface, & la différence des diamétres de ces cercles eſt toûjours égale au diamétre de l'ouverture, quelque diſtance qu'il y ait entre l'ouverture & la ſurface. 197, 202

II. Suppoſition. *Un rayon paſſant d'un corps tranſparent dans un autre de différente tranſparence, comme de l'air dans l'eau ou de l'eau dans l'air, réfléchit une partie de ſa lumière, faiſant l'angle de la réflexion égal à celui de l'incidence: & ce même rayon diminué de lumière continue à s'étendre ſelon la même ligne droite, ſi l'incidence eſt perpendiculaire; mais ſi elle eſt oblique, il fait une inflexion ou courbure que les Opticiens appellent ordinairement réfraction. La réflexion & la réfraction ſe font en un même point de la ſurface commune aux deux corps tranſparens.* 202

III. Suppoſition *avec explication. Les rayons qui paſſent obliquement d'un corps tranſparent rare comme l'air dans un autre plus denſe comme l'eau ou l'eſprit de vin ou le verre, font leurs réfractions du côté de la perpendiculaire qui paſſe par le point d'incidence: & ceux qui paſſent obliquement de ces corps tranſparens dans l'air, font leurs réfractions en s'éloignant de la même perpendiculaire; mais ſi l'incidence eſt trop oblique, ces rayons ſe réfléchiront entiérement & ne paſſeront point dans l'air.* 202, 204

IV. Suppoſition *avec explication. Les rayons qui d'un même point lumineux dans une diſtance convenable paſſent par l'ouverture de l'Uvée d'un œil bien diſpoſé, ſe réüniſſent au fond de l'œil en un point de la ſurface concave de la membrane appellée Choroïde, & ce point lumineux paroît toûjours & eſt vû dans la ligne perpendiculaire à celle qui touche la Choroïde en ce point de réünion; mais ſi la diſtance eſt trop petite ou trop grande, les rayons d'un même point ne ſe réüniſſent pas en un même point, & on voit l'objet confuſément.* 204, 206

Premières Expériences *pour les couleurs cauſées par la réfraction.* 207, 210

Secondes Expériences. 210, 214

Troiſiémes Expériences. 214, 224

Examen de l'hypothèſe de Mr. Deſcartes *pour rendre raiſon des diverſitez de couleurs que les priſmes de verre font paroître.* 224, 226

Examen de l'hypothèſe de Mr. Newton *pour l'explication du même ſujet.* 226, 228

Examen des hypothèſes du Pere Grimaldi *& du Pere* de Chales *pour l'explication du même ſujet.* 228

Huit Principes d'expérience *pour bien expliquer toutes les apparences de couleurs produites par les réfractions de la lumiére.* 228, 231

EXPLI-

EXPLICATIONS DES PRINCIPALES APPARENCES DE COULEURS CAUSE'ES PAR LA REFRACTION. 231

PRemière Apparence *avec explication. Si le ſoleil étant beaucoup élevé, on reçoit dans un lieu obſcur un rayon ſolide de deux ou trois lignes d'épaiſſeur dans un vaiſſeau, où il y ait de l'eau de cinq ou ſix lignes de hauteur ſur un fond blanc; on verra autour de la baſe lumineuſe du rayon une ombre fort obſcure, & tout le reſte du fond du vaiſſeau ſera fort éclairé.* 231, 232

Seconde Apparence *avec explication. Les priſmes équilateraux de verre ne peuvent faire paroître en même tems que quatre lumieres colorées, étant expoſés au ſoleil; & les priſmes ſcalènes en peuvent faire paroître plus de huit* 232, 233

Troiſième Apparence *avec explication. Lorſqu'on regarde une étincelle de feu, ou une étoile fort claire, à travers un priſme équilatéral de verre ſitué de maniere que les rayons viennent à l'œil après deux réfractions, elle paroît comme une ovale fort longue, colorée de rouge, de verd, de violet; mais s'il ſe fait une réflexion entre les deux réfractions, elle paroîtra dans ſa couleur & figure ordinaire.* 234, 236

Quatrième Apparence *avec explication. Lorſque les rayons d'un objet lumineux ou illuminé, aiant paſſé par un priſme équilatéral, raſent la derniere ſurface & ſont reçûs dans l'œil; on voit l'objet beaucoup plus grand qu'il ne paroît ſans le priſme: mais ſi la premiere incidence de ces rayons eſt fort oblique, & la ſortie peu oblique; il paroîtra beaucoup plus petit.* 237

Cinquième Apparence *avec explication. S'il y a quelque fond blanc* A B, *dans lequel il y ait un rectangle noir a b d c d'environ un pouce de largeur, & que vous le regardiez à neuf ou dix pieds de diſtance à travers un priſme équilatéral; vous verrez l'eſpace a b c d d'un rouge de pourpre.* Tab. IX. fig. 26. 237, 238

Problême de Phyſique. *Trouver un objet tel qu'étant regardé à travers un priſme de verre, on puiſſe voir du rouge vers le haut & du bleu vers le bas, ou du bleu vers le haut & du rouge vers le bas, ou toutes les deux extrémitez rouges, ou toutes deux bleues, ou toutes deux ſans couleurs, ſans changer la ſituation de l'œil, ni du priſme, ni de l'objet, ni ſans rien mettre entre-deux.* 238

Sixième Apparence *avec explication. Si on met un oculaire convexe* A B *dans une ouverture de même largeur faite dans un ais, ou dans quelque autre corps opaque, & qu'on y reçoive la lumière du ſoleil directement; la lumière, après avoir traverſé le verre, ſera rouge & jaune vers ſes extrémitez entre le verre & ſon foyer; les extrémitez de la même lumière ſeront bleues au-delà du foyer; mais l'intérieur de la lumière ſera blanc de même que toute celle qui*

qui eſt au foyer. Tab. IX. fig. 28. 239, 240
Septième Apparence *avec explication. Lorſque le ſoleil éclaire fort obliquement de l'eau claire & calme, ſi on met un corps opaque vers le milieu, ſoit qu'il touche l'eau, ou qu'il en ſoit un peu éloigné; on verra du bleu dans la ſénombre plus éloignée du ſoleil, & du rouge dans la plus proche.* 240, 241
Huitième Apparence *avec explication. Lorſqu'on regarde fort obliquement un objet blanc comme EF au fond d'un vaiſſeau plein d'eau, l'objet étant fort illuminé, & le vaiſſeau de couleur brune, on verra ſon extrémité vers F bleue, & celle vers E rouge.* Tab. X. fig. 30. 241, 242
Neuvième Apparence *avec explication. Les verres taillés à facettes, les plumes des ailes des oiſeaux, les cheveux, les poils des paupières, font paroître diverſes couleurs dans les objets lumineux, ou fortement illuminés, & les font voir en pluſieurs endroits.* 243
Dixième Apparence. *L'arc-en-ciel.* 244
Difficulté d'expliquer cette apparence, & les diverſes voïes dont ſe ſont ſervis pour cet effet Jean Fleicher, Antoine de Dominis, & *Mr.* Deſcartes. 244, 247
Manière dont l'Auteur explique l'arc-en-ciel intérieur. 247, 261
Explication de l'arc-en-ciel extérieur. 261, 267
Des arcs-en-ciel ſans couleurs. 267, 268
Onzième Apparence *avec explication. Les petites couronnes autour des aſtres.* 268, 272
Douzième Apparence *avec explication. Les grandes couronnes autour des Aſtres.* 272, 276
Treizième Apparence *avec explication. Les parélies ou faux ſoleils.* 276, 281

SECONDE PARTIE.

DES COULEURS QUI PAROISSENT A TRAVERS L'AIR PUR SUR LES CORPS LUMINEUX ET ILLUMINE'S. 282

Diviſion de cette ſeconde Partie. 283
PREMIER DISCOURS. *Des couleurs qui paroiſſent dans les corps lumineux.* 284
SECOND DISCOURS. *Des couleurs changeantes qui paroiſſent ſur les ſurfaces des corps par réfraction.* 288
Diverſes expériences, & principalement ſur les bouteilles de ſavon. 288, 291
Explication des apparences qu'on voit dans ces bouteilles. 291, 293
Uſage de ce qu'on vient de dire pour expliquer les couleurs changeantes qui paroiſſent par des réfractions ſur les ſurfaces de quelques corps opaques ou tranſparens. 293, 296
TROISIEME DISCOURS. *Des couleurs fixes & permanentes.* 296
Diverſes expériences. 296, 304

Ré-

DES MATIERES.

Régles générales *pour expliquer les couleurs fixes.* 305

Première Régle *avec application. Les couleurs fixes nous paroiſſent, lorſque la lumière aiant paſſé par la matière qui fait ces couleurs, vient enſuite à nos yeux avec aſſez de force.* 305, 308

II. Régle *avec application. Les ſucs de toutes les fleurs bleues & violettes deviennent verds par les alcali, & prennent un beau rouge par les acides.* 308, 309

III. Régle *avec application. Les teintures des bois rouges, comme le bois d'Inde & le bois de Breſil, deviennent jaunes par les acides, & de couleur violette par les alcali; mais les teintures des plantes jaunes, comme la Gaude, le bois de Fuſtel, la racine appellée Terra merita, deviennent plus enfoncées par les alcali, & perdent preſque toute leur couleur par les acides.* 309, 310

IV. Régle *avec application. Les végétations qui ſe font dans les lieux expoſés au grand air, ſont vertes; & celles qui ſe font dans les lieux ſoûterrains, ou ſous quelques couvertures opaques, ſont blanches, ou jaunes.* 310, 311

V. Régle *avec application. Il y a beaucoup de matières jaunes ou obſcures qui ſe blanchiſſent lorſqu'on les mouille & qu'on les fait ſeicher au ſoleil alternativement; & ſi étant blanches elles ſont longtems à l'air ſans être mouillées, elles deviennent jaunes.* 311, 312

VI. Régle *avec application. Les matières terreſtres & ſulfurées deviennent rouges par une grande chaleur & quelques-unes deviennent enfin noires.* 312, 313

Remarque ſur l'uſage qu'on peut faire de ces régles générales pour expliquer beaucoup d'autres effets touchant les couleurs, & ſur l'application qu'on peut faire de quelques-unes à l'art de Teinture & de colorer le verre. 313, 317

QUATRIEME DISCOURS. *Des apparences des couleurs qui procédent des modifications internes des organes de la viſion.* 317, 320

DU MOUVEMENT DES EAUX.

PREMIÈRE PARTIE.

DE PLUSIEURS PROPRIETEZ DES CORPS FLUIDES, DE L'ORIGINE DES FONTAINES, ET DES CAUSES DES VENTS.

I. DISCOURS. 326

DE pluſieurs propriétez des corps fluides. Page 326

L'état naturel de l'eau eſt d'être glacée. 327

Des parties de l'eau changées en air. ibid.

Expériences pour montrer que l'air s'in-

s'insinue dans l'eau & dans l'esprit de vin. 328
Remarques sur la formation de la glace & pourquoi elle s'entr'ouvre. 329
De la matière fulminante qui est dans l'eau. 331
Remarques & conjectures sur la viscosité de quelques corps fluides. 332

II. DISCOURS.

De l'origine des fontaines. 333
Réponse aux objections sur l'origine des fontaines. 334
Remarques sur l'augmentation & la diminution de quelques sources. 336
Des sources & lacs élevés sur des hautes montagnes. 337
Observations sur la quantité de l'eau de la pluie. 338
Calcul des eaux pour fournir la riviere de Seine. 339

III. DISCOURS.

De l'origine & causes des vents. 340
Conjectures sur les causes des vents. 342, 343
Observation sur un vent qui se fait aux ouvertures des fours à chaux. 346
Remarque sur la révolution des vents à Paris *& aux environs.* 346, 347
Expérience sur le mouvement de l'air. 347
De la cause des tourbillons. 349
De la cause des différentes directions des vents, & de la fumée de quelques cheminées. 350
Explication des orages & ouragans. 353

SECONDE PARTIE.

DE L'ÉQUILIBRE DES CORPS FLUIDES. 356

I. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluides par la pesanteur. 356
Principe universel de Méchanique. 360
Preuves de la pesanteur de l'air. 361
De l'eau. 364
Régle de l'équilibre de l'eau par son poids. 365
Expérience de l'équilibre de l'eau. 368
Régle de l'équilibre des liqueurs différentes par la pesanteur. 371
Premiére Régle de l'équilibre des corps fermes, dont la pesanteur spécifique est moindre que celle de l'eau. 372
Propriété de l'eau de s'attacher ou de s'écarter de quelques corps. 373
D'où vient que quelques corps plus pesans que l'eau nagent au-dessus. 374
Les matières congelées sont plus légéres que les mêmes matières fondues. 375
Application de la régle précédente. ibid.
Seconde Régle, avec quelques remarques. 376
Troisieme Régle pour les corps qui pésent plus que l'eau. 378
Quatriéme Régle. ibid.
Expérience qui montre que quelques corps plus légers que l'eau peuvent descendre au fond. 379

II. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluides par le ressort. 280

De

De la proportion de la condenſation de l'air. 381
De la raréfaction ou dilatation de l'air. 383
Régles pour l'élévation de l'eau dans les pompes aſpirantes. 385
Expérience ſur le reſſort de l'air. 387, 388
Refutation de l'erreur de ceux qui croient que l'air ne péſe pas ſur les corps qui ſont au-deſſous. 388
Du reſſort de la flamme de la poudre à canon. 390

III. DISCOURS.

De l'équilibre des corps fluides par le choc. 391
Premièrement du choc de la flamme. ibid.
Du choc de l'air, & de l'eau. 392
Première Régle, du choc des jets d'eau. ibid.
De l'accélération de la viteſſe des corps qui tombent. 393
De la lenteur de la ſortie des premières goutes d'eau par l'extrémité des tuyaux. ibid.
Seconde Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eau qui tombent de haut en bas. 395
Troiſième Régle, de l'équilibre du choc des jets d'eau en raiſon des hauteurs des réſervoirs. 397
Conſéquence pour la viteſſe des jets d'eau qui ſont en raiſon ſous-doublée des hauteurs des réſervoirs. 399
Quatrième Régle, des jets d'eau égaux & de viteſſes inégales, qui ſoûtiennent par leur choc des poids en raiſon doublée des viteſſes. ibid.
Expérience pour connoître la force du choc de l'air. 400
Conſéquence où l'on voit quelle eſt la proportion du tems de l'écoulement de l'air de deux cylindres inégaux, par des ouvertures égales, & chargés de poids égaux. 401
Cinquième Régle, pour les jets d'eau de même viteſſe, mais inégaux en groſſeur, qui ſoûtiennent des poids par leur choc, qui ſont l'un à l'autre en raiſon doublée des ouvertures. ibid.
De la peſanteur du pied cube d'eau, & de la quantité des pintes qu'il contient. 402
Pour meſurer la viteſſe & la force du choc de l'eau courante. ibid.
De l'effort des roues des moulins qui ſont ſur la rivière de Seine. 403
Expériences pour les viteſſes différentes des eaux courantes, tant au fond qu'à la ſurface. 403, 404
Calcul de la force des roues des moulins de la Seine. 405
Pour la force du choc du vent contre les ailes d'un moulin. ibid.
Pour le choc du vent contre la voile d'un vaiſſeau. 406
Comparaiſon de la force des moulins à vent aux moulins de la Seine. 407
Diſcription & jugement de pluſieurs moulins à vent qui tournent à tous vents. 408
Pour le calcul de la viteſſe du vent, qui peut renverſer des arbres & autres corps. 409
Pour augmenter la force d'une certaine quantité d'eau. 410, 411

TABLE

TROISIÈME PARTIE.

DE LA MESURE DES EAUX COURANTES ET JAILLISSANTES. 411

I. DISCOURS.

DU pouce pour la mesure des eaux. 411

Première expérience pour déterminer la quantité d'eau que fournit un pouce en un certain tems. 412

Proposition où il est démontré que le pendule qui marque par ses battemens une seconde de tems, doit être plus court dans les païs proche la ligne équinoxiale, que vers les poles. 414

Difficultez qui surviennent à l'expérience précédente. ibid.

Seconde expérience par une ouverture de 6 lignes de diamètre, & des différences entre les ouvertures verticales & horisontales. 415

Les dépenses des eaux par des ouvertures égales posées l'une sur l'autre, sont en même proportion que les ordonnées d'une parabole. 416

Diverses causes qui apportent quelques irrégularitez à la règle de la dépense des eaux. 418

Un pouce d'eau est déterminé à fournir 14 pintes, mesure de Paris, en 1 minute de tems. 419

Troisième expérience d'un pied cube rempli en 2 minutes & demi. ibid.

Moïen pour connoître les pouces d'eau d'une fontaine ou d'un ruisseau coulant. 420

II. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes selon les différentes hauteurs des réservoirs. ibid.

Premiere expérience pour la dépense des eaux jaillissantes. 420

Deuxième expérience. ibid.

Règle pour la mesure des eaux jaillissantes. 421

Table des dépenses d'eau par 3 lignes d'ajutoir pendant une minute sur différentes hauteurs de réservoirs. 422

Comparaison des dépenses de l'eau par une ouverture simple faite à un réservoir, & lorsqu'on y applique un tuyau. 423

III. DISCOURS.

De la mesure des eaux jaillissantes par des ajutoirs de différentes ouvertures. 424

Première expérience. 425

Seconde experience. ibid.

Règle pour la dépense des eaux jaillissantes. ibid.

Table des dépenses d'eau par différens ajutoirs ronds pendant une minute, sur la hauteur de 13 pieds de réservoir. 426

Troisième expérience par deux ouvertures différentes en même tems. ibid.

Quatrième expérience de la même chose. 427

Trois causes qui peuvent faire que les grandes ouvertures donnent ordinairement plus que les petites. ibid.

Cinq expériences sur ce sujet. 428, 429

Deux causes qui diminuent la raison sous-doublée, & deux qui l'augmentent. ibid.

En-

En quelle proportion ſe vuide un vaiſſeau par un trou qui eſt au fond. 430
Il ſort deux fois autant d'eau d'un vaiſſeau entretenu toûjours plein dans le même tems, que s'il ſe vuidoit ſans y rien ajoûter. 430
Obſervation ſur le fait précédent. ibid.
Pour juger du tems dans lequel un vaiſſeau ſe vuide. 432
Problème, de la forme d'un vaiſſeau dont l'eau s'écoulant deſcend en tems égaux par des intervalles égaux. 432
Régle de l'écoulement de l'eau de deux tuyaux inégaux par des ouvertures égales. 433
Queſtion ſur l'écoulement de l'eau de deux tuyaux d'égal diametre & de hauteurs inégales. 434

IV. DISCOURS.

De la meſure des eaux courantes dans un aqueduc ou dans une riviere. ibid.
Méthode pour cette meſure avec des exemples, & le calcul de l'eau de la riviere de Seine. ibid.

QUATRIÈME PARTIE.

DE LA HAUTEUR DES JETS. 436

I. DISCOURS.

DE la hauteur des jets perpendiculaires. 436
Premiere Régle avec des expériences. 437
Seconde Régle pour la diminution des jets à l'égard des réſervoirs avec exemple. ibid.
Table de cette diminution depuis 5 pieds de hauteur juſqu'à cent. 439
Expériences pour la confirmation de cette régle. 441
Expérience d'un cas particulier quand l'eau du réſervoir ne fournit pas aſſez par le jet. 442
Expérience par un ſyphon recourbé. 443
Expérience de l'eau chargée de mercure par la hauteur des jets. ibid.
Confirmation par l'expérience des poids attachés au corps d'une ſeringue. 444
Expérience de la hauteur des jets par la compreſſion de l'air. ibid.
L'impulſion eſt arrêtée par le frottement dans un petit tuyau attaché à un grand. 445
Machine pour pouſſer de l'eau fort loin. ibid.
Machine de Héron *par la compreſſion de l'air.* 446
Expérience ſur la netteté & beauté des jets d'eau, & comme on doit faire & diſpoſer les ajutages. 446
L'eau qui s'écoule par un trou en tombant de haut en bas, ſe reduit enfin en goutes. 447
La dépenſe de l'eau ſe régle ſelon la viteſſe du jet à la ſortie de l'ajutage, & non pas ſur ſa hauteur. 448
Régles pour la diminution d'un jet ſi l'on prend une partie de l'eau qui le fournit. ibid.
Expérience pour prouver que les trop grandes hauteurs des réſervoirs ne peuvent ſervir de rien. 449

II. DISCOURS.

Des jets obliques & de leurs amplitudes. 451

TABLE

Problême. Etant donné la hauteur mediocre du reſervoir, & l'obliquité du jet, trouver ſon amplitude. 451
Remarque ſur les jets de mercure. 453
Expérience pour prouver que les matières les plus peſantes décrivent de plus grandes paraboles. 453
Pour trouver les amplitudes des jets horiſontaux. ibid.
Pour trouver la hauteur de l'eau dans un réſervoir ou un tuyau, par l'amplitude d'un jet horiſontal, qui ſort d'une ouverture du tuyau. 454

CINQUIÈME PARTIE.

DE LA CONDUITE DES EAUX, ET DE LA RESISTANCE DES TUYAUX. 454

I. DISCOURS.

DEs tuyaux de conduite. 454
Pluſieurs remarques ſur la groſſeur des tuyaux de conduite ſuivant les jets qu'ils fourniſſent, pour différentes hauteurs. 455
Expériences contre les ajutages en tuyau ou cône, & pour ceux en platine. ibid.
Obſervations pour régler la largeur des tuyaux de conduite ſuivant la hauteur des réſervoirs & la grandeur des ajutages. 456
Régle tirée des obſervations précédentes. 457
Exemple de cette régle. ibid.
Remarques particulières ſur quelques tuyaux de conduite qui ſont à Chantilli. ibid.
De la ſoudiviſion des tuyaux de conduite avec exemple. 458

II. DISCOURS.

De la force des tuyaux de conduite, & de la réſiſtance des ſolides. 460
De la réſiſtance abſolue des ſolides. 460, 461
Refutation de la propoſition de Galilée pour la réſiſtance des ſolides. ibid.
Expériences qui confirment la régle démontrée de la réſiſtance des ſolides. 462
Solution de quelques objections. 463
Expérience de l'alongement d'un fil de verre. 465, 466
Expériences de la réſiſtance des ſolides. ibid.
Théorême d'un cas de la réſiſtance des ſolides avec ſa démonſtration. 467, 468
Régle pour la réſiſtance des ſolides qui ſont ſouples, avec des expériences. 469
Expérience du fil tourné en vis pour l'alongement des corps ſouples. ibid.
Expériences ſur la réſiſtance des tuyaux. 471
Première Régle pour la réſiſtance des tuyaux. 473
Seconde Régle. ibid.

III. DISCOURS.

De la diſtribution des eaux. 474
Pour la diſtribution d'une ſource en pluſieurs endroits d'une ville ou à pluſieurs Particuliers. ibid.
Des ouvertures pour nettoïer les tuyaux, & des venſouſes. 476

RE'GLES

Digitized by Google

REGLES POUR LES JETS D'EAU. 483

DE LA DEPENSE DE L'EAU FAITE PAR DIFFERENS AJUTAGES, SELON LES DIVERSES ELEVATIONS DES RESERVOIRS. 485

DU pied cube d'eau. ibid.
Du pouce d'eau. ibid.
Du demi pouce d'eau. 485, 486
Moïen de bien déterminer un pouce d'eau, & faciliter les différens calculs selon les differentes ouvertures & dispositions des ajutages. 486
De la dépense de l'eau par des ajutages différens, les réservoirs étant à même hauteur. 487
De la dépense de l'eau par des ajutages semblables, les hauteurs des eaux des reservoirs étant differentes. 487, 488
Comment il faut calculer la dépense de l'eau, lorsque par quelques empêchemens l'eau ne jaillit pas si haut qu'elle devroit. 488

DE LA HAUTEUR DES JETS. 489

Régle pour sçavoir la diminution des jets jusqu'à la hauteur du réservoir. 489
Table des différentes hauteurs des jets. ibid.
Régles pour la largeur des tuyaux & des différens ajutages selon la hauteur des reservoirs. 490
Table des largeurs des tuyaux & des différens ajutages selon la hauteur des réservoirs. 491
Régles pour l'épaisseur & la force des tuyaux de conduite & des ajutages. 491, 492
Regles pour les conduites des eaux fort longues, où le long frottement diminue la hauteur des jets & la dépense de l'eau, sur-tout si les tuyaux sont trop étroits. 492, 493
Régle pour la disposition des derniers tuyaux & de leurs ajutages dans les jets fort hauts & fort gros. 493
Régle pour partager l'eau en divers jets, & sçavoir combien on en donnera à chacun; ce qui peut aussi servir à la distribution qu'on fait à plusieurs Particuliers, de l'eau d'une source. 493, 494
Utilité de ces Régles pour les autres difficultez qu'on peut avoir touchant les jets d'eau. 494

NOUVELLE DECOUVERTE TOUCHANT LA VUE,

Contenue en plusieurs Lettres. 495

PREMIÈRE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET. 496

OBservation touchant le défaut de vision qui arrive quand la peinture d'un objet tombe justement sur le Nerf-optique. 496, 497

Que cette Observation donne tout lieu de croire que la Choroïde est le principal organe de la vision, & non pas la Retine. 497

RÉPONSE DE MONSIEUR PECQUET A LA LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE. 498

PRéambule de cette lettre. 498

Réponse de Mr. Pecquet *à ce que Mr.* Mariotte *avoit dit dans un écrit, que la Rétine est transparente, & qu'elle ne reçoit que très-peu d'impression de la lumière, non plus que les corps diaphanes, tels que sont l'air & l'eau; & qu'au contraire, les corps noirs & opaques, comme est la Choroïde, sont facilement échauffés par la lumière.* 499, 500

Réponse de Mr. Pecquet *à ce que Mr.* Mariotte *avoit dit, que la Rétine ne pénétre point dans le cerveau, comme fait la Choroïde, qui enveloppe le Nerf-optique au-delà de l'œil, & l'accompagne jusqu'au milieu du cerveau.* 500, 502

Réponse de Mr. Pecquet *à ce que Mr.* Mariotte *avoit dit, qu'il est nécessaire pour faire la vision distincte, que les rayons qui viennent de chaque point de l'objet, s'unissent en un point sur l'organe; & que cela ne se peut point faire sur la Rétine à cause de son épaisseur d'une demi ligne, mais bien sur la Choroïde qui est déliée & opaque.* 502, 503

Réponse de Mr. Pecquet *à la preuve que Mr.* Mariotte *tire de l'expérience touchant le défaut de vision où la Choroïde n'est pas, quoique la Rétine y soit, pour montrer que cette première membrane est le principal organe de la vision.* 503, 506

Expérience de Mr. Picard *touchant la perte de vûë d'un objet en tenant les yeux ouverts.* 506, 507

SE-

Digitized by Google

DES MATIERES.

SECONDE LETTRE DE MONSIEUR MARIOTTE A MONSIEUR PECQUET,

Pour montrer que la Choroïde eſt le principal Organe de la Vûë. 507

QUe les raiſons alléguées dans la lettre précédente pour prouver l'opacité de la Rétine ſont inſuffiſantes. 507, 509

Obſervation pour prouver que la lumière des objets paſſe preſque toute entière juſques à la Choroïde, & que la Rétine en reçoit fort peu d'impreſſion. 509, 510

Penſée de l'Auteur touchant l'impreſſion de la lumiere ſur les corps noirs & opaques & les tranſparens comme la Rétine, comme auſſi touchant la néceſſité de la noirceur de la Choroïde pour la viſion. 510, 511

Que la Choroïde a une plus grande continuité avec le cerveau que la Rétine, contre ce qui avoit été dit dans la ſeconde objection de la lettre précédente. 511, 512

Examen de deux expériences alléguées dans la lettre précédente pour montrer qu'on découvre la peinture des objets ſur la ſurface antérieure de la Rétine. 512, 513

Penſée de l'Auteur touchant l'épaiſſeur de la Rétine, & ſon incapacité à recevoir en un point les rayons de la lumière, contre ce qui a été dit dans la troiſième objection de la lettre précédente. 513

Preuve que l'Auteur tire du défaut de viſion ſur la baſe du Nerf-optique, en faveur de la Choroïde au préjudice de la Rétine. ibid.

Que les cauſes de ce défaut de viſion alléguées dans la lettre précédente ſont ou ſans fondement ou inſuffiſantes. 514, 515

Trois Obſervations avec quelques raiſonnemens qui confirment la cauſe alléguée par l'Auteur, ſçavoir que la Choroïde eſt le principal organe de la viſion. 515, 516

Expérience de l'Auteur touchant la perte de vûë de deux papiers ronds, les deux yeux étant ouverts. 516

LETTRE DE MONSIEUR PERRAULT A MONSIEUR MARIOTTE. 517

PRéambule de cette lettre. 517

Hypothèſe de l'Auteur touchant la viſion. 518

Que la poliſſure & l'exacte égalité requiſe dans l'organe de la viſion ſe trouve dans la Rétine, & non pas dans la Choroïde. 518, 519

Que la Choroïde eſt trop dure & trop épaiſſe pour être l'organe de la viſion; que les vaiſſeaux pleins de ſang qui s'y repandent, la rendent auſſi mal-propre à cela, auſſi-bien que les vaiſſeaux de la Rétine, & ſon peu de communication avec le Nerf-optique. 519, 520

Que la Rétine eſt très-propre pour être l'organe de la viſion; & que ſans

ſans lui ôter l'office dont elle eſt en poſſeſſion, on peut rendre raiſon du Phénomène de Mr. Mariotte. 521, 522

RE'PONSE DE MONSIEUR MARIOTTE A LA LÈTTRE DE MONSIEUR PERRAULT. 522

PRéambule de cette lettre. 522, 523
Diviſion ou plan de cette lettre. 523
Première partie, où l'Auteur fait voir que les vaiſſeaux de la Rétine, & leur diſpoſition, fourniſſent des preuves tres-fortes pour établir ſon opinion, bien loin de la détruire. 524, 530
Seconde partie, contenant pluſieurs raiſons & expériences pour prouver que la Choroïde eſt très-propre pour l'uſage qu'il lui attribue, dont les plus conſidérables ſont; qu'elle eſt très-polie, & égale, & nullement raboteuſe; qu'elle n'eſt ni dure, ni épaiſſe, mais ſouple & déliée, à fort peu près comme la Pie-mère dans le cerveau; que les vaiſſeaux pleins de ſang dont elle eſt traverſée, aident à la viſion, bien loin de lui nuire; que la noirceur qu'ils y laiſſent, & dont elle eſt enduite & pénétrée, eſt néceſſaire pour la rendre ſuffiſamment ſenſible aux impreſſions de la lumière; & qu'elle a une parfaite communication avec le Nerf-optique, & avec le cerveau. 530, 532
Troiſième partie, où l'Auteur tâche de faire connoître que la Rétine n'eſt pas propre pour être l'organe de la viſion, & que les deux cauſes données du défaut de viſion qu'on obſerve dans l'expérience de l'Auteur, ne ſont point dans la nature, & n'ont nulle exiſtence réelle; & que ſi elles avoient quelque exiſtence, elles cauſeroient le même défaut dans les autres parties de la Rétine, & ſupprimeroient entièrement la viſion. 532, 534

TRAITÉ DU NIVELLEMENT, AVEC LA DESCRIPTION DE QUELQUES NIVEAUX nouvellement inventés.

DEfinitions. 536
Suppoſitions. 536, 537
Lemme. Si l'on verſe de l'eau ou une autre liqueur à l'extrémité d'un parallélogramme de niveau, d'un telle matière qu'elle ne s'y attache point; elle coulera vers le point d'attouchement. 537
Deſcription *du niveau, ou inſtrument pour niveller.* 538
Uſage *de ce niveau.* 539
Démonſtration *de l'uſage de ce niveau.* ibid
Moïen de ſe perfectionner dans la facilité

Digitized by Google

cilité de ſe ſervir de ce niveau, & de vérifier ſon exactitude. 541, 542

Défaut ordinaire des niveaux qui ſont le plus en uſage, & entr'autres du Chorobate décrit par Vitruve, *& de la double Equiére.* 542, 543

Précautions qu'on doit emploïer lorſqu'on ſe ſert du niveau ci-deſſus décrit à la campagne où il fait du vent. 543, 544

Diverſes Remarques tendant à montrer que dans les grandes diſtances le moïen le plus ſûr pour niveller, eſt de faire le nivellement à pluſieurs fois. 544, 545

Comment on peut niveller de grandes diſtances, lorſqu'il y a des choſes entre-deux qui empêchent de le faire par pluſieurs petits nivellemens. 545, 546

Démonſtrations de la méthode qu'on vient d'indiquer pour cet effet. 546, 547

Moïen dont on pourra ſe ſervir pour déterminer parfaitement le point de niveau dans les diſtances éloignées. 547, 551

Régles *qu'il faut obſerver pour les différens lieux à niveller.* 551

Régle pour mettre de niveau une allée de Jardin ou une longue galerie. ibid.

Régle pour niveller deçà & delà d'une éminence à la campagne. 551, 552

Régle pour mettre de niveau quelque grande ſalle. 552

Régle pour niveller une pente de montagne très-roide. ibid.

Régle pour niveller exactement à une ſeule fois deux choſes éloignées l'une de l'autre d'une ou deux lieuës. 552, 554

Deſcription d'un autre inſtrument très-exact pour niveller, avec la maniére de s'en ſervir, & les occaſions où on doit l'emploïer. 554, 555

Moïen de ſçavoir la différence de niveau de deux objets éloignés l'un de l'autre de 5 ou 6 lieuës, & qui ſont diſpoſés de la ſorte qu'on ne puiſſe ſe ſervir des niveaux précédens pour les niveller. 555, 556

TRAITÉ DU MOUVEMENT DES PENDULES. 557

LEttre *de l'Auteur touchant ce Traité.* 558, 559

Premier Principe naturel. *Un même poids fait le commencement de ſa deſcente avec une même viteſſe en quelque lieu acceſſible de l'air qu'on le laiſſe tomber.* 560

Second Principe naturel. *Si un corps eſt porté d'une viteſſe uniforme par un petit eſpace, par quelque cauſe que ce ſoit; cette cauſe ceſſant il continuera ſon mouvement de même part avec la même viteſſe par un eſpace égal au premier, s'il n'eſt point empêché par une autre cauſe.* 560

Propoſition 1. *Il eſt impoſſible qu'un poids qu'on laiſſe tomber, continue*

ſa deſcente avec une viteſſe uniforme ; mais il acquiert , à chaque moment égal de tems , un nouveau degré égal de viteſſe. 560

Propoſition II. *Soit* A B *une perpendiculaire , qu'un poids ait paſſée dans un certain tems tombant du point de repos* A ; *& que ce poids , étant arrivé au point* B, *change de direction & remonte vers le point* A , *commençant ſon mouvement de bas en haut ſelon la viteſſe acquiſe au point* B : *je dis qu'il remontera juſques au point* A , *& que le tems de ſa montée ſera égal à celui de ſa deſcente.* Tab. XXIV. fig. 2. 561

Propoſition III. *Soit* A B *une ligne perpendiculaire , qu'un poids ait paſſée en deſcendant du point de repos* A , *comme il a été démontré dans les propoſitions précédentes ; & qu'au même tems quelque autre mobile parcoure la ligne* C D *égale à* A B , *par une viteſſe uniforme : je dis que cette viteſſe ſera égale à la moitié de la viteſſe acquiſe par le poids au point* B. Tab. XXIV. fig. 3. 562

Propoſition IV. *Si un poids paſſe en deſcendant des eſpaces inégaux en divers tems , les eſpaces paſſés ſeront l'un à l'autre en raiſon doublée des tems de leur deſcente.* 563

Propoſition V. *Soit* B C *une ligne horiſontale ,* C A *perpendiculaire à* B C , *&* A B *inclinée : je dis que ſi on laiſſe tomber un même poids du point* A , *le tems de ſa deſcente par* A B *ſera au tems de ſa deſcente par* A C *comme* A B *eſt à* A C. Tab. XXIV. fig. 6. 563

Propoſition VI. *Soit* A B D *un demi cercle ;* B D , C D , *deux inſcrites ; & ſoit* A D *le diamétre perpendiculaire à la tangente horiſontale* A E : *je dis que des poids égaux deſcendans de* B *en* D *& de* C *en* D , *auront les tems de leur deſcente égaux.* Tab. XXIV. fig. 7. 564

Propoſition VII. *Soit* A B *perpendiculaire à l'horiſon ;* A C , B D , *perpendiculaires à* A B ; *&* A E *le quart de la ligne ; & ſoit* F E D *quelconque ligne entre les deux paralleles* A C , B D : *je dis que le tems par* F E , E B , *ſera égal au tems par* A E , E D. *Mais ſi* A E *eſt moindre que le quart de* A B , *le tems par* A E , E D, *ſera plus grand que par* F E , E B: *mais ſi* A E *eſt plus que le quart , le tems par* F E , E B , *ſera le plus grand.* Tab. XXIV. fig. 8. ibid.

Propoſition VIII. *Soit* A B C *un quart de cercle dont le centre ſoit* A , *&* A C *perpendiculaire à l'horiſon ;* B C *côté du quarré inſcrit dans le cercle ;* B D , D E , E C , *trois côtez du dodécagone ; &* B F , F C , *deux côtez de l'ecdogone : je dis que le tems par* B F , F C , *de ſuite , ſera plus court par* B C. Tab. XXIV. fig. 9. 565

Concluſion , *concernant le mouvement des pendules , ſuppoſé la réſiſtance de l'air ; & du nombre des vibrations d'une petite pendule comparé à celui des vibrations d'une grande en même tems.* ibid.

EX-

Digitized by Google

EXPÉRIENCES TOUCHANT LES COULEURS ET LA CONGE'LATION DE L'EAU. 601

Expérience touchant les couleurs. 603 *Expériences de la congélation de l'eau.* 604, 608

ESSAI DE LOGIQUE,

Contenant

Les Principes des Sciences, & la manière de s'en ſervir pour faire de bons raiſonnemens. 609

PREMIÈRE PARTIE,

Contenant les premiers Principes des Sciences. 613

Demandes. 613
Principes & Propoſitions fondamentales du raiſonnement. 613, 615
Principes & Propoſitions fondamentales, pour établir les ſciences des choſes naturelles. 615, 620
Principes des Propoſitions vrai-ſemblables. 620, 624
Principes & Propoſitions fondamentales de la Morale. 624, 629

SECONDE PARTIE,

Contenant la Méthode qu'il faut ſuivre pour faire de bons raiſonnemens. 630

Diviſion de cette ſeconde Partie. 630
PREMIER DISCOURS. *De ce qu'il faut obſerver pour ſe rendre intelligible.* ibid.
Néceſſité d'expliquer les mots quand il arrive qu'ils ont quelque obſcurité. 631
D'où procéde l'obſcurité des noms. 631
De la définition, & ſur quoi on doit ſe régler pour la bien faire. 632
Des choſes qu'on ne doit point entreprendre de définir. ibid.
De la définition des choſes qui ont des noms communs de ſubſtance, &

& dont la qualité eſſentielle eſt connue avec exemple. 632, 633
Définition des choſes dont la qualité eſſentielle eſt inconnue, avec exemple. 633
Définition des choſes qui n'ont point de nom de genres, & dont les qualitez propres ſont inconnues. 634
Si l'on peut définir les qualitez préciſes. ibid.
Poſſibilité de la permutation du ſujet en l'attribut requiſe dans la définition. ibid.
Définition des choſes viſibles par la figure. ibid.
Définition d'un Particulier. ibid.
Influence des définitions ſur les choſes; quand c'eſt qu'elles ne peuvent pas être fauſſes; & quel nom on doit donner aux choſes nouvelles & ci-devant inconnues. 634, 635
Juſqu'où les regles ci-deſſus ſont néceſſaires. 635
La plus importante régle de la définition. ibid.
De la définition de nom & de la choſe. 636, 637
De la diviſion ou diſtinction. 637
DEUXIEME DISCOURS. *De l'invention des principes.* ibid.
De combien de ſortes de propoſitions il y a. ibid.
Néceſſité de la connoiſſance des propoſitions intellectuelles pour la connoiſſance des choſes ſenſibles & morales. 638
Diviſion de ce Diſcours. ibid.
Article premier. *De la méthode pour trouver les principes des propoſitions intellectuelles, comme de Géométrie, d'Arithmétique, & d'Algebre, avec divers exemples.* 638, 651
Nature des propoſitions intellectuelles de Géométrie & d'Arithmétique, & des propoſitions intellectuelles de Metaphyſique. 638, 639
Des demandes ou principes ſpéculatifs intellectuels pour prouver les propoſitions intellectuelles. 639, 640
Régles qu'il faut ſuivre pour les demandes. 640
Si les définitions ſont les ſeuls principes, & ſi les axiomes ſe doivent prouver par les définitions. 640, 641
S'il faut prouver les principes par d'autres principes, quoiqu'également clairs. 641
Méthode qu'on peut obſerver pour trouver les principes ſpéculatifs qui ſervent à prouver les propoſitions qui ne ſont pas du nom. 641, 642
Méthode pour inventer facilement des théorèmes en nombres. 643
Si les choſes ſont bien prouvées quand elles le ſont par leurs cauſes. ibid.
De l'Analyſe pour la ſolution des problèmes de Géométrie avec exemple. 643, 644
De l'Analyſe pour la ſolution des problèmes en nombre. 644, 645
Autre méthode pour la ſolution des problèmes en nombre. 645, 646
De l'analyſe Algebrique, autre méthode de trouver commodément la ſolution des problèmes d'Arithmétique & de Géométrie. 646, 647
Exemples de l'analyſe Algebrique pour des problèmes en nombre. 647, 649
Exemple de l'analyſe Algébrique pour un problème de Géometrie. 649
De l'Algébre numérique & de l'Algebre ſpécieuſe, & laquelle on

Digitized by Google

on doit préférer. 649, 650
Remarque sur les opérations de l'Algébre. 650
Des propositions intellectuelles de Métaphysique. 651
Article II. *De la façon de trouver les principes pour les propositions sensibles.* ibid.
Premier principe qu'il faut recevoir pour prouver les choses sensibles. 651, 652
Second principe qu'il faut recevoir. 652, 654
Méthode de chercher des principes pour prouver des propositions sensibles douteuses. 654
Principes pour l'exécution des choses qu'on ne peut différer. ibid.
Principes intellectuels & sensibles pour les questions naturelles. 654, 657
Des questions sensibles & naturelles. 657, 658
Six causes principales du peu de progrès qu'on a fait jusques à present dans la science des choses naturelles. 658, 659
Preuve de l'insuffisance de cette hypothèse que le mouvement ne s'augmente & ne se diminue point dans la Nature, proposée en même tems pour modele de ce qu'il faut observer pour rechercher & découvrir les differentes causes des effets naturels. 659, 662
De la necessité des expériences & des observations pour établir une Médecine méthodique, & pour rendre raison de divers effets naturels, comme des vents, du flux & du reflux de la mer, & autres. 663, 665
Principes qui doivent entrer dans la preuve des sciences mêlées de Mathématique & de Physique. 665
Article III. *Des principes des propositions morales.* 665
Des diverses sortes de principes des propositions morales, & de leurs usages. 665, 666
Incertitude des questions de Politique, & des choses qui dépendent des inclinations des hommes. 666, 667
Quelques régles dont on pourra se servir pour résoudre ces sortes de questions. 667, 668
TROISIEME DISCOURS. *De la méthode pour faire les argumens, & les mettre en ordre pour servir à la preuve de quelques propositions douteuses, ou à l'établissement de quelque science.* 669
De la nature de l'argument & des parties dont il est composé. ibid.
De l'enthymême. 670
Des figures des argumens. 670, 671
Des modes de chaque figure. 671
Inutilité des régles que les Logiciens donnent pour ces figures & ces modes, aussi-bien que de la considération des proprietez des propositions & de leurs termes. 671, 672
De la preuve directe & indirecte. 672, 673
Considérations sur la démonstration des propositions peu éloignées de leurs principes, & de celles qui en sont éloignées, par argumentation, ou par raisonnemens continus en citant les propositions. 673, 675
Ce qu'on doit penser de ce que quelques Philosophes ont dit, qu'on ne pouvoit rien prouver par des argumens. 675, 676
Comment on peut suppléer au défaut de la conception à l'égard du grand nombre de connexitez. 676
De la méthode de prouver un principe

pe d'expérience, & dans quel ordre on doit disposer & citer les preuves des propositions sensibles douteuses ou à prouver. 676
Démonstration de ce principe d'expérience que les rayons passant de l'air dans l'eau se rompent, & leur inflexion se fait du côté de la ligne perpendiculaire qui passe par le point d'incidence, proposée comme exemple pour prouver un principe d'expérience. 677
Résolution de ce problême. *Etant donnée la longueur d'un tuyau cylindrique* AB, *au-dessus de vingt-neuf ou trente pouces, fermé par un bout; trouver quelle quantité d'air il faut enfermer avec le mercure, afin que le mercure se mette à une hauteur donnée moindre que vingt-huit pouces, lorsque le tuyau sera perpendiculaire à l'horison*: proposée comme exemple pour montrer comme il faut disposer & citer les principes des propositions sensibles douteuses. 678, 681
Trois remarques sur l'exemple précédent. 682
De la méthode de prouver par interrogations & réponses. ibid.
Nécessité de mettre toutes les règles précédentes en usage. ibid.
Ce qu'il faut faire quand on ne peut pas prouver les choses invinciblement. 683
Ce qu'il faut faire quand quelqu'un nie une proposition bien prouvée. ibid.
QUATRIEME DISCOURS. *Des faux raisonnemens & des autres causes de nos erreurs, & de ce qu'il faut observer pour ne s'y laisser pas surprendre.* ibid.
Importance de cette Partie de la Logique. 683
Ce qu'on entend ici par sophisme, & de ses diverses sortes. 684
Article premier. *Des fausses apparences.* ibid.
D'où procèdent les fausses apparences. ibid.
Cinq hypothèses pour expliquer à peu près comme se font nos sensations. 684, 687
Des erreurs où les sens sont capables de nous faire tomber, & des moïens de les redresser. 687, 691
Qu'il faut parler touchant les sensations comme le vulgaire, & ne pas s'obstiner à combattre les apparences naturelles des sens. 691, 692
De l'imagination, & des erreurs où elle nous peut engager. 692
Du peu de connoissance que nous avons de notre esprit, & des quatre opérations que la plûpart des Logiciens posent. 693
Ordre des operations internes de notre esprit. 693, 694
Si l'on a une idée claire & distincte de la pensée. 694
Que l'imagination nous représente d'autres sensations que celles de la vûë, & qu'il ne faut pas tâcher de détruire toutes les fausses apparences de l'imagination. 695
Conclusion des raisonnemens précédens. ibid.
Article II. *Des faux raisonnemens.* 696
Du sophisme appellé pétition de principe, & comment on peut le détruire. 696, 697
Des sophismes par le défaut de connexité entre les propositions, des diverses manières dont ils se font, & comment on peut les détruire. 697, 701

FIN.

CATA-

Digitized by Google

CATALOGUE
DES
LIVRES,
Imprimés
Chez JEAN NEAULME,
Et dont il a nombre d'Exemplaires.

ARchitecture de Vignole, par Daviler avec le Supplement, 3 *vol.* 4. *fig. Haye* 1730.
Anecdotes de la Cour de Ph. Auguſte, 6 *vol.* 12. *Haye* 1739.
Burnet, Hiſt. d'Angleterre. 4 *tom.* 2 *vol.* 4. *fig. Haye* 1735.
——— Idem en *Grand Papier.*
——— Idem 6 *vol.* 12.
Bibliothéque de Campagne, ou Amuſemens de l'Eſprit & du Cœur. 10 *vol.* 12.
Boerhaave, Elementa Chymiæ. 3 *vol.* 4.
——— Opuſcula Omnia. *Hagæ Com.* 1738.
Bibliotheca Botanica. 4. *ſous preſſe.*
Ciceronis de Officiis cum Notis Græcii. 12.
——— Idem ſine Notis. 12.
Cauſes Célébres & Intéreſſantes, par Pitaval. 8. *Haye* 1738. 13 *vol.*
Crèmentine, Reine de Sanga. 2 *vol.* 12. *fig. Haye* 1739.
Dictionarium Latino-Gallicum. 8.
Egaremens du Cœur & de l'Eſprit. 3 *vol.* 12.
Eraſmi Colloquia cum Notis Variorum. 8.
Etrennes Chrétiennes. 8.
Fabri, Theſaurus. *Fol.* 2 *vol.*
Græcæ Dialect. Studio Maittaire. 8.
Grammaire Françoiſe & Angloiſe, 8. par Rogiſſard. 2 *vol.* 8.
Hiſtoire de la Reine de Navarre. 12. 4 *vol. Haye* 1739.
——— Secrette de Henri IV. 12.
——— du Ciel, par l'Auteur du Spectacle de la Nature, 2 *vol.* 12. *fig.*
——— Romaine de Tite Live, traduite en François par Mr. Guerin. *Haye* 1740. 12 *vol.* 12.
Hoffmanni Conſultationes. 3 *vol* 8.
Journées Amuſantes, par Mad. Gomez. 8 *vol.* 12. *fig.*
Lommii Obſervationes Medicinales. 8.
Lettres Paſtorales de l'Evêque de Londres. 3 *Parties*, 8.
——— (Nouvelles) Perſannes. 2 *vol.* 12.
Liturgie Anglicane. 12.
Mémoires Politiques, Amuſans, & Satiriques de Brazi. 3 *vol.* 8. *fig.*

Mémoire

Mémoire d'Artillerie, par St. Remy. 2 *vol.* 4. *fig. ſous preſſe.*

——— du Général Marquis de Maffei. 2 *vol.* 8. *Haye* 1740.

Manilius Bentleii. 4. *Londini* 1739.

Mille & une Faveurs, Contes de Cour. 8 *vol.* 12.

Nouveau Teſtament & Pſeaume. 8.

Nouvelas de Miguel de Cervantes. 2 *vol.* 8. *avec des magnifiques fig.*

Oeuvres du Comte Hamilton. 2 *vol.* 12.

Oeuvres de Brantome conſidérablement augmentées & avec des Notes, 15 *vol.* 12. *ſous preſſe.*

Philoſophe Anglois. 8 *vol.* 12. *fig.*

Poëſies Spirituelles, par Malaval. 8.

Quintilianus Burmanni. 2 *vol.* 4.

Remarques ſur l'Hiſt. d'Angleterre, par *Tyndal.* 2 *vol.* 4.

Recueil de Chanſons choiſies. 7 *vol.* 12.

——— des Piéces miſes au Théatre par le Sage. 2 *vol.* 12.

Semaine (La) Sainte ou Méditations. 8.

Spectacle (Le) de la Nature. 8 *tom.* 4 *vol.* 12. *fig.*

Sultanes de Guzarate. 2 *vol.* 12.

Voiage fait en Aſie, par Bergeron. 2 *vol.* 4. *fig.*

——— de Siam, par Tachard. 3 *vol.* 12. *fig.*

Vie (La) de Marianne ou Avantures de la Comteſſe De ***. par Marivaux. 8 *Parties*, 8. *fig.*

AVIS AU RELIEUR.

LE Relieur prendra garde que le papier qui eſt à côté des Figures, doit être conſervé pour faire deborder les Figures hors du Livre. Il les faut placer dans l'ordre qui ſuit:

TAB. I. II. III. IV. IV*	Pag. 116	XX. XXI.	476
TAB. V. VI. VII. VIII. IX. X. XI. XII.	320	TAB. XXII. XXIII.	556
TAB. XIII. XIV. XV. XVI. XVII. XVIII. XIX.		TAB. XXIV.	600
		TAB. XXV.	700

BERIGT AAN DEN BOEK-BINDER.

DEn Boek-binder zy gewaarſchout het papier ter zyde de Figuren niet af te ſnyden; maar zodanig in te ſetten, dat de Figuren buyten het Boek uytſtaan. Deſelve moeten geplaatſt werden als hier boven vermeld ſtaat.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google